C 9021 F
Nr. 3 / Montag, 24. 8. 1992
DM 14,80
Sfr 14,80; öS 105.–
LFR 359.–; LIT 14 000.–
HFL 16,50; FF 55.–
PTS 1100.–

GEO WISSEN

Intelligenz + Bewußtsein

HIRNFORSCHUNG
Expedition zu den Quellen des Geistes

INTELLIGENZ-QUOTIENT
Der falsch vermessene Verstand

COMPUTER
Denn sie wissen nicht, was sie tun

KREATIVITÄT
Das Geheimnis des Genialen

UMFRAGE
Wen halten die Deutschen für intelligent?

P.92882667
Mb Gemeindebibliothek
k6 -Schulzentrum-
Sandhausen

Liebe Leserin, lieber Leser,

Vor gut fünf Jahren hatte ich Sie an dieser Stelle zu einem Experiment eingeladen. Der Versuch – die Einführung dieses Magazins – gelang besser als erwartet: Von GEO-Wissen Nr. 1/1987 „Gehirn-Gefühl-Gedanken" haben Sie auf Anhieb mehr als 300 000 Exemplare erworben. Herzlichen Dank!

Das Thema Hirnforschung blieb hochaktuell. In den USA wurden die neunziger Jahre zum „Jahrzehnt des Gehirns" ausgerufen, und inzwischen berichten auch große Nachrichtenmagazine diesseits wie jenseits des Atlantik in Titelgeschichten über die boomenden Neurowissenschaften.

Zeit also für GEO-Wissen, noch tiefer ins Neuland des Denkens vorzustoßen. Inzwischen hat die Erforschung der „höheren Funktionen" des Gehirns – Wahrnehmen, Denken, Erinnern – eine so dramatische Wende genommen, daß manche Wissenschaftler sie schon mit der Revolution der Quantenphysik in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts vergleichen.

Vielleicht ist das verfrüht. Wir haben jedenfalls die heiß diskutierten Theorien und Befunde zunächst einmal als tastende Erklärungsversuche im Kosmos des Geistes verwertet.

Aber das Gefühl, inmitten eines Umbruchs zu leben, war beispielsweise auf der renommierten „Dahlem Konferenz" zum Thema „Erkundung von Hirnfunktionen" hautnah zu spüren. Dort, im Herbst letzten Jahres in Berlin, haben Franz Mechsner – GEO-Wissen-Autor der ersten Stunde und Verfasser von drei Beiträgen im vorliegenden Heft – und ich einige alte Bekannte und viele junge, aufstrebende Akteure der brodelnden Neuro-Szene getroffen. Einen von ihnen, den 31jährigen Andreas Engel vom Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung, haben wir als Autor des einführenden Essays über die Stärken und Schwächen der sich vereinigenden „Kognitionswissenschaften" gewonnen.

Mit dabei in Berlin waren auch Antonio und Hanna Damasio, die mehr Erfahrungen mit hirnverletzten Menschen gesammelt haben als irgend jemand sonst. GEO-Wissen-Reporter Jürgen Neffe – kürzlich als erster Wissenschaftsjournalist mit dem begehrten Kisch-Preis ausgezeichnet – und die amerikanische Fotografin Lynn Johnson haben die Arbeit des Arzt- und Forscher-Ehepaars in der Klinik der University of Iowa beobachtet und einige Patienten zu Hause besucht. Ihre eindringliche Reportage über „Die Schatten der Erkenntnis" finden Sie auf Seite 28.

Das Studium solch mitunter fürchterlicher „Experimente der Natur" verdeutlicht, welch unerhörtes Maß an Intelligenz schon für alltägliche Handlungen – Reden, Lesen, Butterbrot schmieren – notwendig ist. Das haben auch die mit „Künstlicher Intelligenz" befaßten Computerwissenschaftler lernen müssen: Ihre hochfahrenden Hoffnungen scheitern bislang schlicht daran, daß keine Maschine weiß, was sie tut.

Wie breit die Forschung heute den Begriff „Intelligenz" definiert, beleuchtet nicht zuletzt Wolfgang Nagels Galerie genial-kreativer Menschen, darunter die einzige naturwissenschaftliche Max-Planck-Direktorin.
Übrigens: Intelligente Frauen bekommen bei der repräsentativen Umfrage, die das Institut für Demoskopie Allensbach im Auftrag von GEO-Wissen durchgeführt hat, auffällig gute Noten (siehe Seite 76). Ob das ein Zeichen gewachsener Intelligenz in der Bevölkerung ist? Oder aber eines gewandelten Bewußtseins? Urteilen Sie selbst.

Herzlich Ihr

Günter Haaf

GEO
WISSEN

Verlag Gruner + Jahr AG & Co, Am Baumwall 11, 2000 Hamburg 11. Postanschrift für Verlag und Redaktion: Postfach 11 00 11, 2000 Hamburg 11. Telefon: 040/3703-0. Telex: 219520. Telefax: 040/37 03 56 73

CHEFREDAKTEUR
Hermann Schreiber
STELLV. CHEFREDAKTEUR
Peter-Matthias Gaede
ART DIRECTOR
Erwin Ebret
REDAKTIONSLEITER
Günter Haaf
GESCHÄFTSFÜHRENDE REDAKTEURE
Ernst Artur Albaum (Text), Christiane Breustedt (Bild)
TEXTREDAKTION
Klaus Bachmann, Dr. Hania Luczak, Dr. Manfred Pietschmann, Christopher Schrader
Reporter: Dr. Jürgen Neffe
Dokumentation: Monika Hilgers
Red. Assistenz: Angelika Janssen
BILDREDAKTION: Barbel Edse
LAYOUT
Franz Braun (Leitung), Peter Dasse, Johannes Dörges, Andreas Knoche, Andreas Krell, Monika Thomsen, Peter Voigt
KARTOGRAPHIE
Rainer Droste, Günther Edelmann
SCHLUSSREDAKTION
Hinnerk Seelhoff, Dr. Friedel H. Bastein, Jürgen Brückmann, Manfred Feidhoff, Hans-Werner Kuhl, Sigurd-Falk Weber, Assistenz: Hannelore Kochl
MITARBEITER
Dr. Wolfgang Blom, Rudiger Braun, Dr. Agnes Bretting, Steven Dickman, Dr. Andreas Engel, Marco Evers, Dr. Hans Halmeier, Dr. Reinhard Huljus, Lothar Kuhn, Nick S. Martins, Franz Mechsner, Jorg Melander, Dietmar Metzger, Wolfgang Nagel, Amy Parish, Susanne Paulsen, Dr. Edgar Piel, Michael Schmuck, Joachim Trucks, Hermann Unterstoger, Peter Zschorsch
Illustrationen: Holger Everling
GEO-BILDARCHIV
Birgit Heller, Gunda Guhl-Lerche, Peter Moller
FARBIMPRIMATUR: Norbert Kunz
GEO-BÜROS
Moskau: Wladimir Pylpow, 121 099 Moskau, Smolenskaja Ploshad 13/21 189, Tel. 0070 95 248 70 81;
New York: Ruth Eichhorn (Leitung), Brigitte Barkley, Wilma Simon, 685 Third Avenue, 22nd Fl., New York, NY 10017, Tel. (212)599-4040, Telefax: (212) 972-2761
Verantwortlich für den redaktionellen Inhalt: Günter Haaf

VERLAGSLEITER: Heiner Eggert
ANZEIGENLEITER: Rolf Grimm
(verantwortlich für Anzeigen)
VERTRIEBSLEITER: Uwe Hemming
HERSTELLER: Peter Grimm

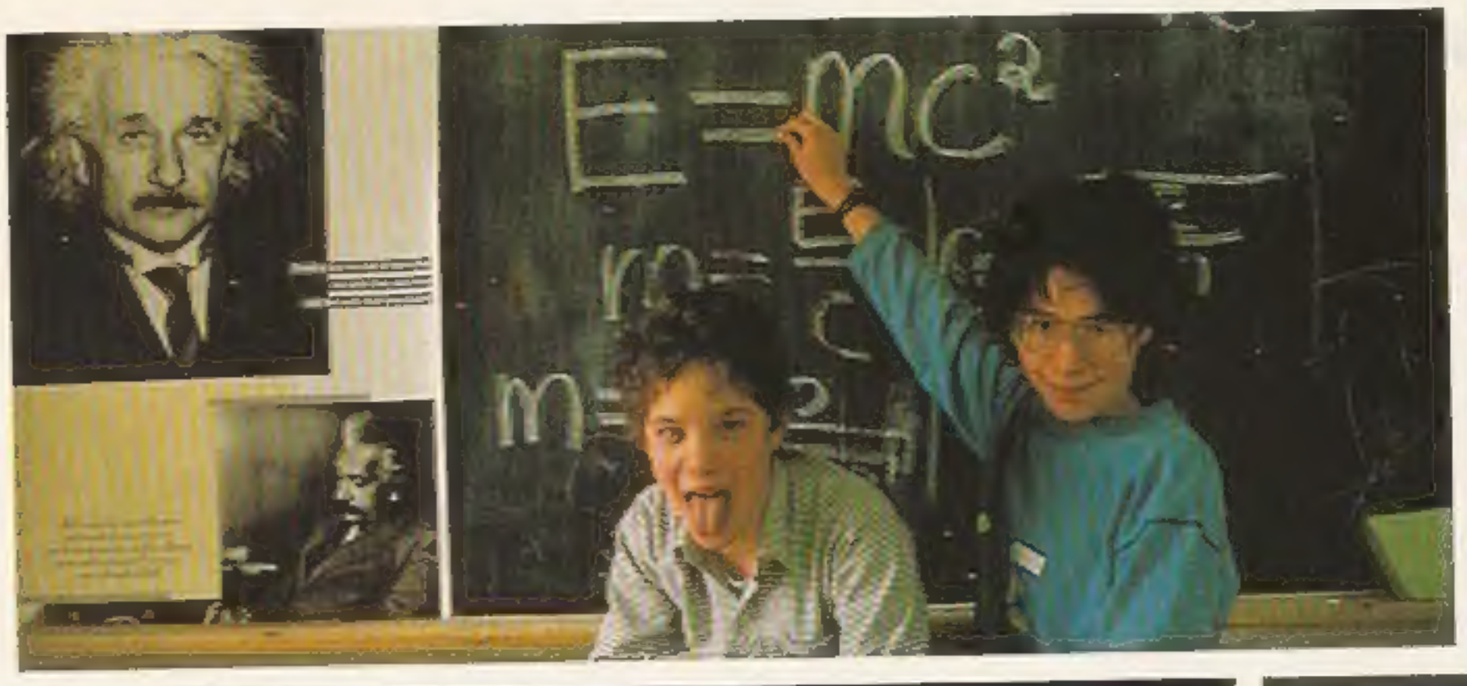
GEO-Wissen-LESERSERVICE
Gruner + Jahr AG & Co
Postfach 10 25 25, 2000 Hamburg 1, Tel. 040/37 03 32 36
Postscheckkonto Hamburg 240 60-209, BLZ 200 100 20
Schweiz: GEO-Wissen-Leserservice, 6045 Meggen
Tel. 041-37 36 78
Österreich: GEO-Wissen-Leserservice, DPV Wien, 1011 Wien, Postfach 763, Tel. 0222/513 78 07
Abonnementspreis Inland (4 Hefte): DM 59,20 inkl. Versandkosten (pro Heft DM 12,80 plus DM 2,- Versandkosten). Abonnementspreis Schweiz (4 Hefte): sfr 59,20 inkl. Versandkosten (pro Heft sfr 12,80 plus sfr 2,- Versandkosten). Abonnementspreis Österreich (4 Hefte): oS 420,- inkl. Versandkosten (pro Heft oS 95,- plus oS 10,- Versandkosten). Jahresabonnement übriges Ausland auf Anfrage: GEO-Wissen-Leserservice, D.P.V., Postfach 10 16 02, 2000 Hamburg 1

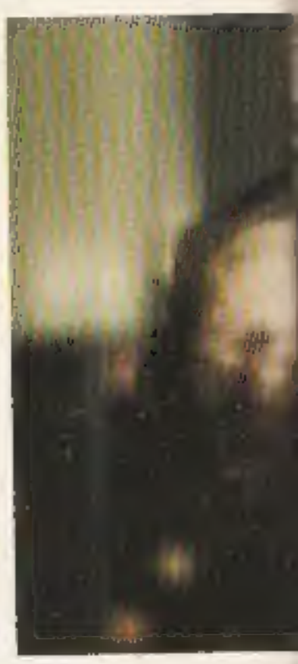
Heft-Preis: DM 14,80 - ISBN-Nr. 3-570-01061-9
Buchhandelsfassung: DM 19,80 - ISBN-Nr. 3-570-01214-X
© 1992 Gruner + Jahr, Hamburg
ISSN-Nr.: 0933-9736
Anzeigenpreisliste Nr. 6 vom 1. 1. 1992
Bankverbindung: Deutsche Bank AG, 2000 Hamburg 1, Konto-Nr. 03 22 800
Repro: Werner Hirte KG, Hamburg
Druck: Mainpresse Richterdruck, Wurzburg

ESSAY

Vom Sein zum bewußt Sein

Bei der Fähigkeit, sich selbst zu erkennen, unterscheiden sich Mensch und Tier. Die Kluft ist weniger biologisch, vor allem kulturell und sozial. Einzig Menschenhirne haben sich durch Sprache und Schrift zu einer Art Superintelligenz verknüpft. Seite 6





HIRNVERLETZUNGEN

Die Schatten der Erkenntnis

Erinnerungslücken und Störungen der Wahrnehmung resultieren oft aus Hirnverletzungen, sichtbar als Schatten auf medizinischen Bildern. Hanna und Antonio Damasio haben weit über tausend Patienten untersucht und eine neue Theorie über die Funktion unseres Hirns entwickelt. Seite 28

ENTWICKLUNG

Wissen ist ein Kinderspiel

Vorschulkinder denken vielschichtiger als Forscher bisher glaubten. Mit Spielen, die gleichzeitig Experimente sind, wollen Wissenschaftler vom Frankfurter Universitäts-Institut für Psychologie herausfinden, wie Kinder ihre Welt begreifen. Seite 44

KREATIVITÄT

Das Geheimnis des Genialen

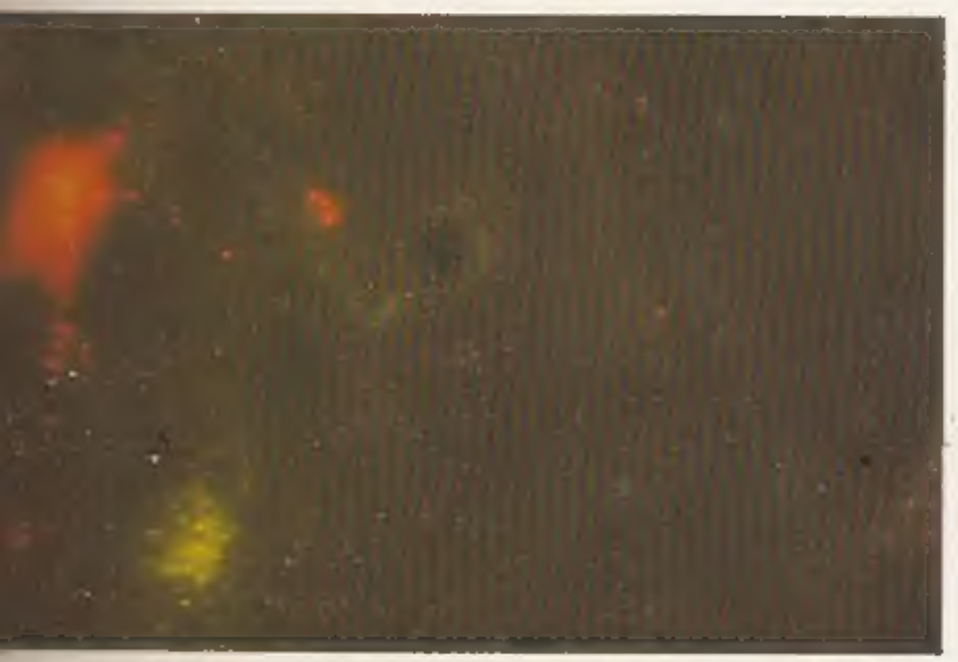
Schöpferische Menschen zeichnen sich aus durch ausgeprägte, spezifische Formen von Intelligenz. Neun Fallbeispiele demonstrieren unterschiedliche Spielarten der Kreativität. Seite 84

UMFRAGE: Woran erkennen wir unsere Intelligenz? Seite 76

TIERBEWUSSTSEIN

Das tierische Rätsel

So manche Kreatur – Schimpanse, Papagei oder Wal – verblüfft mit intelligentem Verhalten. Haben Tiere mehr im Kopf, als wir glauben? Müssen herkömmliche Vorstellungen über tierisches Denken und Bewußtsein revidiert werden? Seite 104



KONNEKTIONISMUS

Wo das Chaos sinnvoll waltet

Ein neues Bild des Gehirns zeichnet sich ab. Für die »Konnektionisten« entstehen Wahrnehmung, Denken und Erinnerung aus kreativem Chaos: aus den dynamischen Fluktuationen von raffiniert verknüpften Nervenzellen. Seite 120

COMPUTER

Denn sie wissen nicht, was sie tun

Obwohl Wissenschaftler bereits seit Jahrzehnten nach »Künstlicher Intelligenz« suchen, fehlt ihren Rechnern nach wie vor jeglicher gesunde Menschenverstand. Dennoch beharren Protagonisten wie Marvin Minsky und Hans Moravec auf ihren kühnen Visionen. Seite 134

SOZIALE INTELLIGENZ

Das symphatische Talent

Aufeinander zugehen, andere Menschen begleiten oder führen, deren Absichten und Motive erkennen, Leid und Freude mitfühlen: Das sind grundlegende menschliche Fähigkeiten. Das Interesse an dieser »sozialen Intelligenz« wächst, unter Psychologen wie unter Personalchefs. Seite 150

INHALT

Vom Sein zum bewußt Sein 6

Vorstoß zu den Quellen der Intelligenz
Alte Vorstellungen, wie Gedanken und Gefühle entstehen, werden revidiert – mit ihnen unser Bild von uns 22

Die Schatten der Erkenntnis 28

„Bitte lesen Sie diese Überschrift nicht!"
Ein Modell der Gehirnfunktionen 40

Wissen ist ein Kinderspiel 44

Die Lehre vom doppelten Lottchen
An Zwillingen wird studiert, ob Erbe oder Umwelt die Intelligenz formt 52

Nicht auf Kosten von Goethe
Lehrer drängen hochbegabte Schüler, ihren Verstand auch außerhalb der Spezialfächer zu erproben 56

Der falsch vermessene Verstand
Intelligenz-Forscher wollen per IQ-Test messen, was sie nicht erklären können 64

... wichtig ist, was oben rauskommt
Eine Umfrage belegt, wie stark Intelligenz mit Erfolg verknüpft wird 76

Trau keinem unter 130
Beim Mensa-Club zählt nur der hohe IQ 80

Das Geheimnis des Genialen 84
Michael Faraday: Der zündende Funke 85
Virginia Woolf: Schreiben wie im Wahn 86
David Stuart: Weltruhm schon als kleiner Junge 89
Leonardo da Vinci: Künstler von Gottes Gnade? 90
Die Polgar-Schwestern: Hausgemachte Wunderkinder 92
Wolfgang Rihm: Gegenwelt Musik 94
Christiane Nüsslein-Volhard: Langeweile als Triebkraft 97
Hans Hollein: Vorstoß in die dritte Dimension 98
Adolf Hitler: Das Genie des Bösen 102

Das tierische Rätsel 104

Ein sprachgewandter Vetter
Der Zwergschimpanse Kanzi gilt als größtes Sprachtalent im Tierreich 112

Moral hat nicht der Mensch allein
Tugendhafte Regungen definieren einige Forscher als puren Eigennutz 114

Wo das Chaos sinnvoll waltet 120

In den Bindungen des Geistes
Christoph von der Malsburgs Ideen revolutionieren die Hirnforschung 130

Denn sie wissen nicht, was sie tun 134

... also bin ich ein phänomenaler Zustand?
Über die Schwierigkeiten der Philosophie, Bewußtsein zu erklären 146

Das sympathische Talent 150

Glossar: Von Aufmerksamkeit bis Zeugenaussage
Wichtige Begriffe zum Thema, mit Kästen über Humor, Idiots Savants und Schachcomputer 160

Literatur 171

Vorschau, Bildnachweis 172

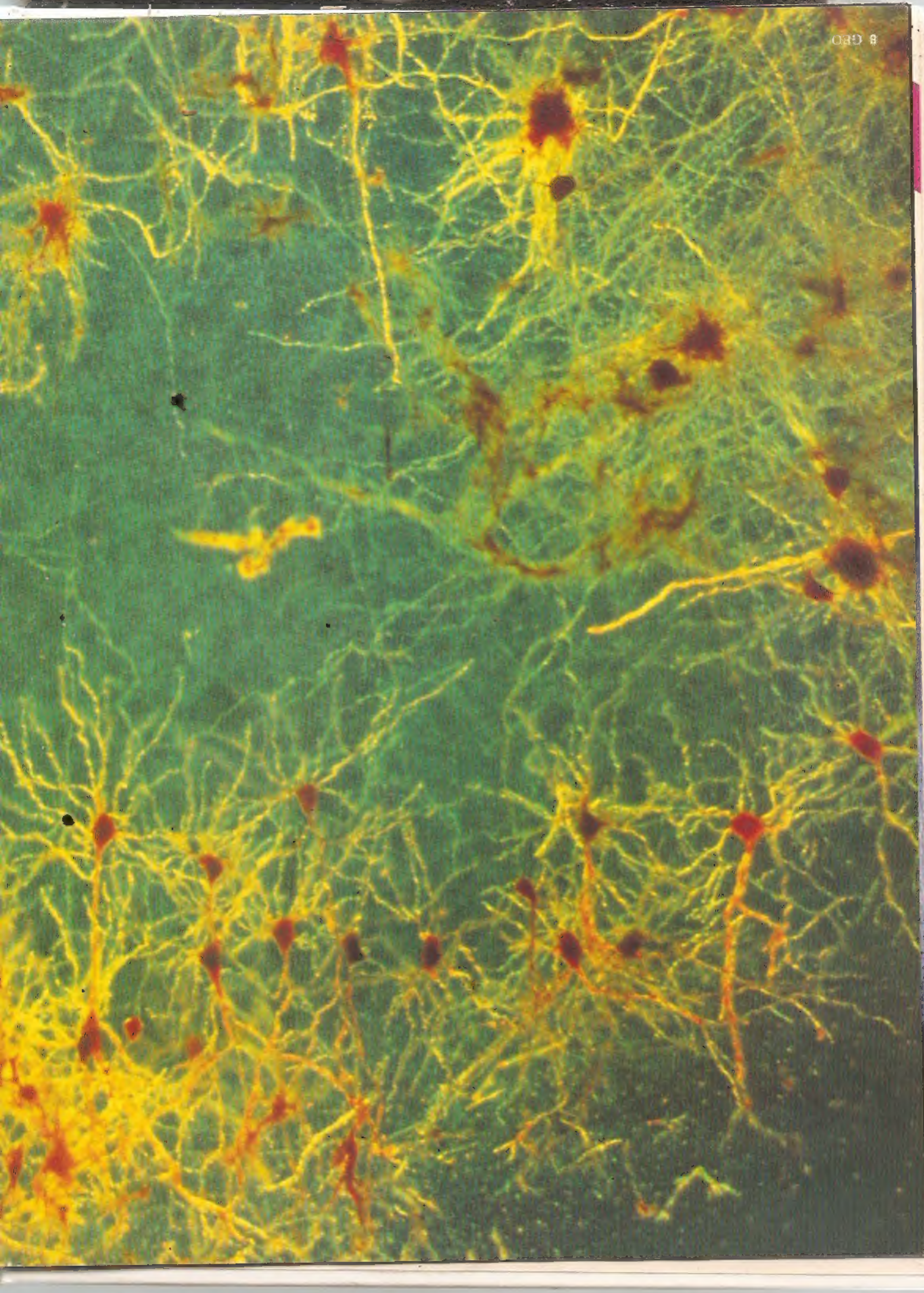
Titelfoto: Holger Scheibe

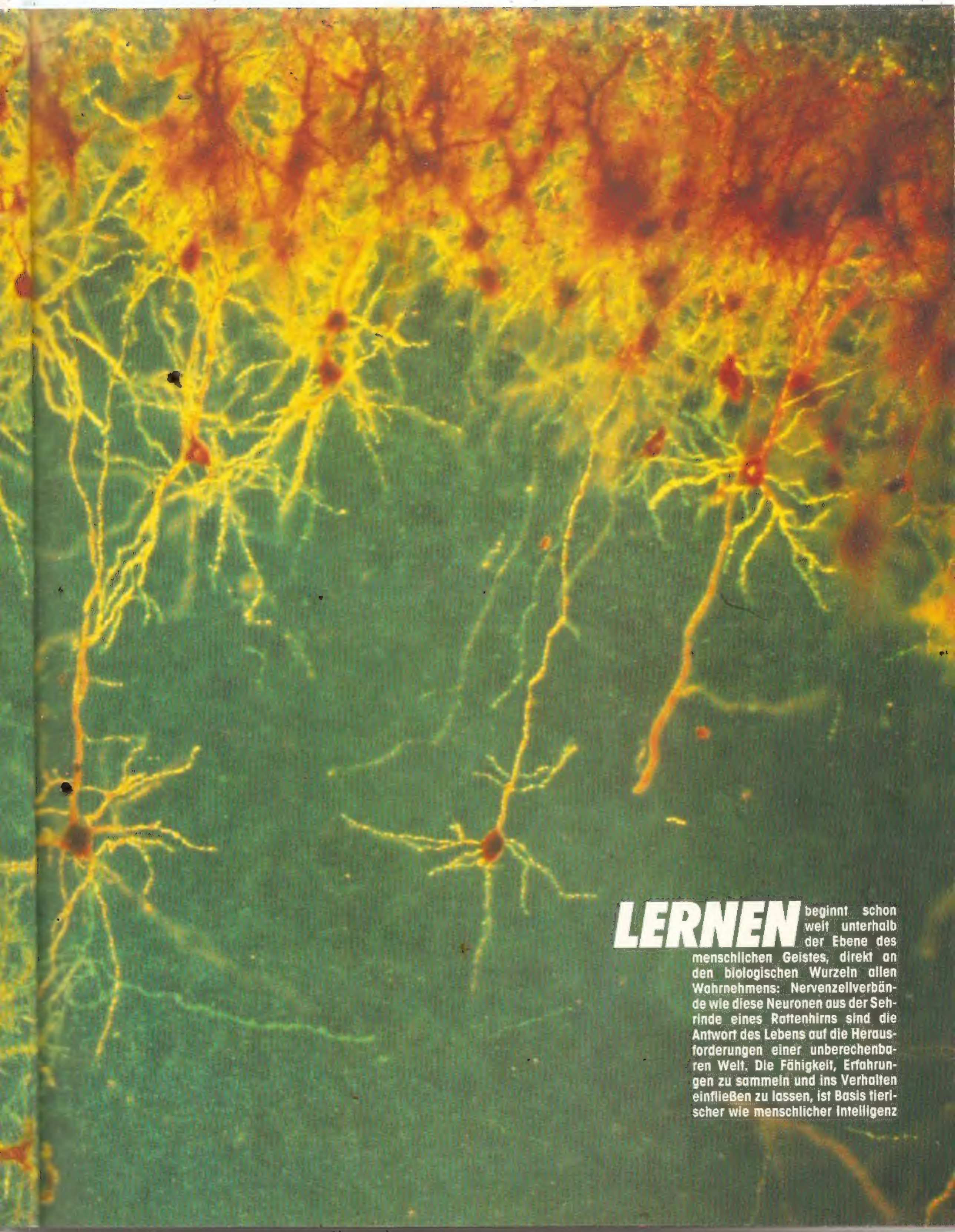
Redaktionsschluß: 6. Juli 1992

VOM SEIN ZUM BEWUSST SEIN

Die Fähigkeit, sich selbst zu erkennen, markiert eine Trennlinie zwischen Mensch und Tier, die weniger eine biologische als eine kulturelle Kluft offenbart – und eine soziale: Einzig Menschenhirne haben sich mit Sprache und Schrift zu einer Art Superintelligenz verknüpft

GEO 7

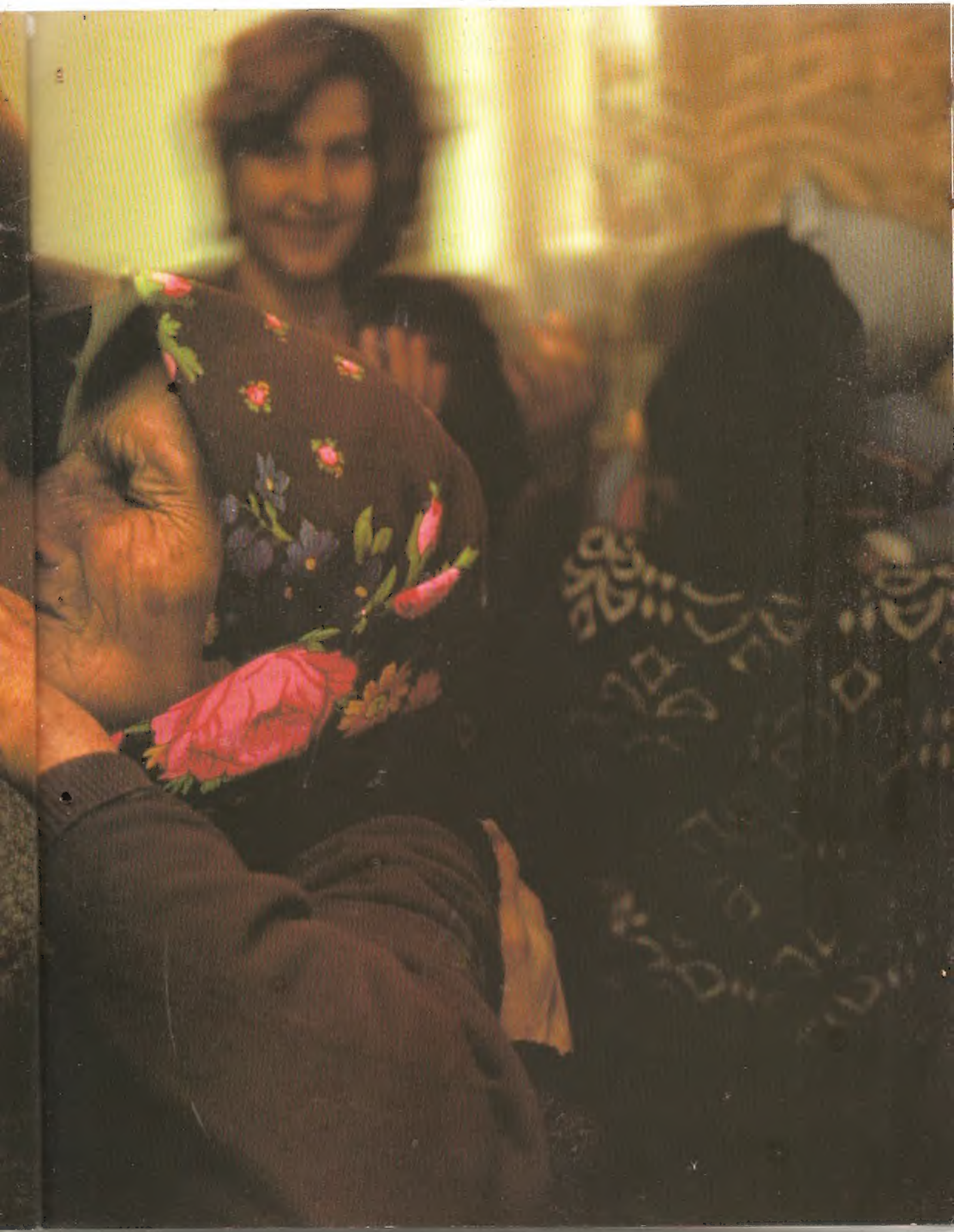




LERNEN beginnt schon weit unterhalb der Ebene des menschlichen Geistes, direkt an den biologischen Wurzeln allen Wahrnehmens: Nervenzellverbände wie diese Neuronen aus der Sehrinde eines Rattenhirns sind die Antwort des Lebens auf die Herausforderungen einer unberechenbaren Welt. Die Fähigkeit, Erfahrungen zu sammeln und ins Verhalten einfließen zu lassen, ist Basis tierischer wie menschlicher Intelligenz

MITFÜHLEN

erhebt menschliches Zusammenleben über nacktes Existieren: Wenn Jaffa Agarunowa im israelischen Be'er Sheva ihren aus Rußland ausgewanderten Enkel Josef nach 15 Jahren der Trennung umarmt, spricht ihr Gesicht eine uns allen verständliche Sprache. Diese Fähigkeit zur »Empathie« – zum intimen Verständnis der Gefühle, der Gedanken und Motive anderer Menschen – ist vermutlich wesentlich älter als das gesprochene Wort

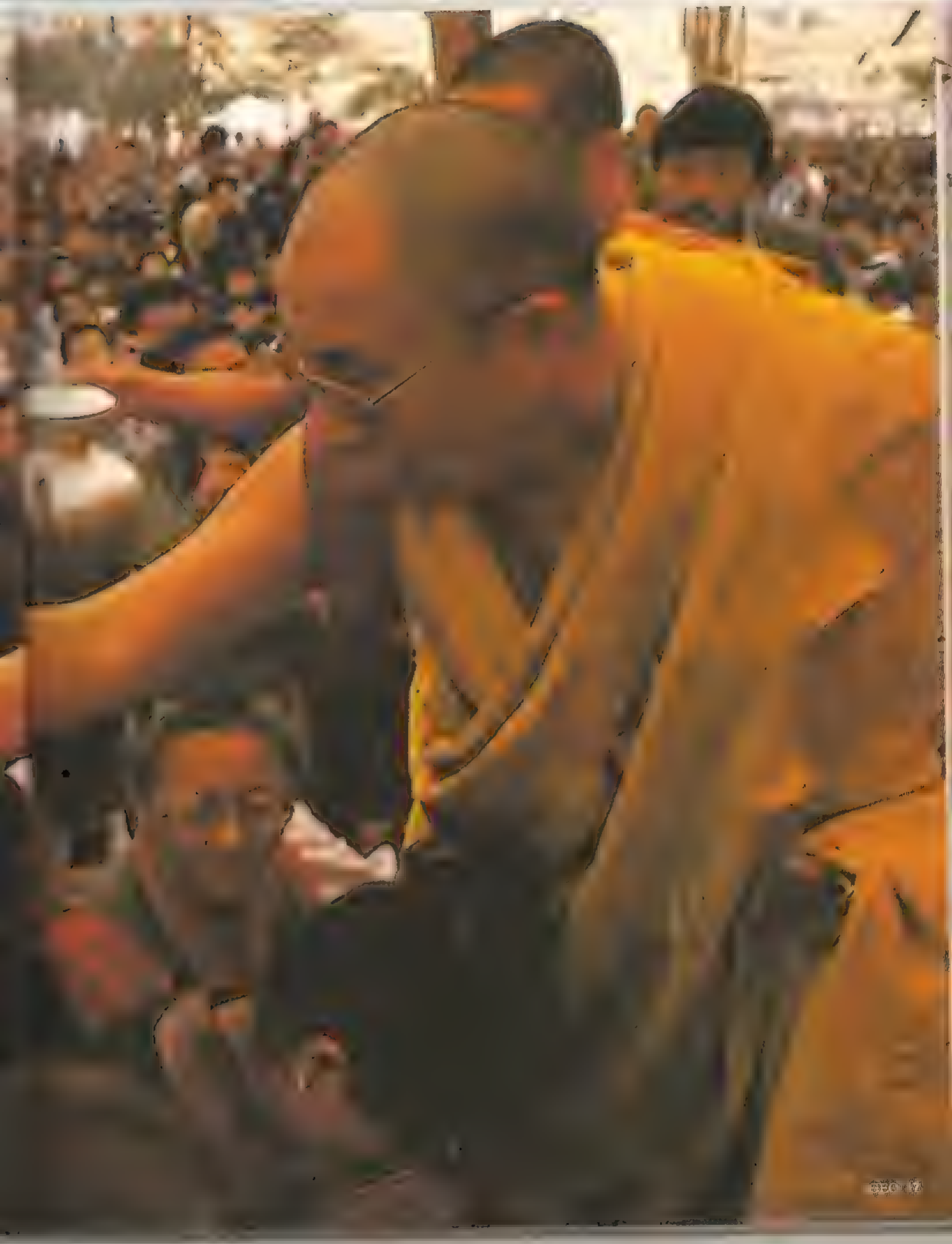


FORSCHEN führt den Menschen, das neugierigste aller Wesen, weit über seine sinnlich erfahrbare Welt hinaus, und zwar nicht nur in den Mikro- oder Makrokosmos: Wissenschaftler wie Ian Horswill vom amerikanischen Massachusetts Institute of Technology – hier mit einem auf den »Rücken« gedrehten insektenähnlichen Roboter namens »Genghis« – suchen nach Wegen, Maschinen lernfähig und damit vielleicht intelligent zu machen. Zur Entspannung bei der Lösung kniffliger Probleme trägt Horswill eine »Relaxationsbrille«, die Lichtmuster auf die Linsen spielt.

GEO 13

SPIELEN ist mehr als kindlicher Zeitvertreib: Wippen und Klettern, Basteln und Bauen, Verkleiden und Malen sind stets auch Lernschritte ins Leben. In einer veränderlichen Welt zählt die Fähigkeit zur Improvisation. Deshalb gilt in der modernen Intelligenzforschung nicht der erwachsene »Experte«, sondern das Kind als Vorbild, das spielerisch lernt, sich in seiner Umwelt zu orientieren

GLAUBEN an die Weisheit höherer Mächte macht Mut, die Unwägbarkeiten des Lebens zu ertragen: Bei der Kalacakra-Zeremonie, einem hohen Fest tibetischen Buddhisten, segnet der Dalai Lama im indischen Sarnath Pilger mit einem Schneckenhaus. Solche Riten verdeutlichen, wie stark die Gemeinschaft die Weltsicht des einzelnen prägt. Und sie zeigen, daß die westliche, rationale Sicht geistiger Dinge nur eine unter vielen ist.



ERSCHAFFEN Im Kosmos der künstlerischen Phantasie entfalten sich ungeahnte Formen: Losgelöst von Zeit und Raum, scheinen Tänzer und Tänzerinnen auf den Bildern der New Yorker Fotografin Lois Greenfield zu schweben. Um den Geist der Bewegung so formvollendet einzufangen, braucht die studierte Anthropologin neben ihrer Kamera vor allem die »Bewegungsintelligenz« der Tanzenden

REDEN
ohne um Leib und Leben
sozialer Intelligenz

Vorstoß zu den Quellen der Intelligenz

Revolutionäre Umwälzungen erschüttern die kognitiven Wissenschaften. Die alten Vorstellungen darüber, wie Wahrnehmungen, Gedanken und Gefühle im Gehirn entstehen, werden revidiert – und mit ihnen unser Bild von uns selbst

VON ANDREAS ENGEL

Wissen Sie, liebe Leserin, lieber Leser, welche beachtlichen Leistungen Sie in diesem Augenblick vollbringen? Virtuos steuert Ihr Gehirn Ihre Hände, die dieses Heft zur Hand nehmen und durchblättern. Schnell und präzise bringen Ihre Augen die Seiten in den Blick. Mühelos organisiert Ihr Wahrnehmungssystem den Wirrwarr der vor ihm ausgebreiteten Farbflecken und Konturen und verleiht damit leblosen Zeichen Sinn und Bedeutung. Und während Ihre Phantasie, angeregt durch Text und Bilder, in virtuellen Welten schweift, könnten Sie ohne weiteres auch noch Kaffee trinken oder eine Zwischenfrage Ihres Gegenübers beantworten. So alltäglich und selbstverständlich uns solche Leistungen sind – zur Stunde versteht noch niemand so richtig, wie dies alles überhaupt möglich ist.

Wie kommt es, daß wir die Welt und uns selbst wahrnehmen und erkennen können? Wieso verfügen wir über die Fähigkeit, Neues zu lernen und uns an Vergangenes zu erinnern, Pläne zu machen und Probleme zu lösen, handelnd in die Welt einzugreifen? Was sind die Grundbausteine menschlicher und tierischer Intelligenz? Und wie entsteht Geist im Gehirn, dem „Organ des Denkens"?

In den akademischen Disziplinen, die sich zur Lösung dieser Rätsel berufen fühlen, ist ein Umbruch im Gange. Die Frage nach Wesen und Herkunft unserer kognitiven Fähigkeiten – traditionell an Philosophen und Psychologen gerichtet – rückt zusehends in den Arbeitsbereich von Naturwissenschaftlern und Technikern. Vor allem Hirnforscher und Computerexperten sind es, die hier von sich reden machen. Beflügelt durch jüngste wissenschaftliche Fortschritte, unternehmen sie den Versuch, mit einem ganz neuen Forschungsprogramm die menschliche Selbsterkenntnis entscheidend voranzubringen.

„Kognitionswissenschaftler" nennen sich die Teilnehmer dieses interdisziplinären Projekts, das sich der Methoden der Psychologie, der Neurobiologie, der „Künstlichen Intelligenz" (KI), aber auch der Philosophie und der Sprachwissenschaft bedient. Gemeinsam ist den Kognitionswissenschaftlern, daß sie ihre neue Disziplin als *Natur*wissenschaft der Erkenntnis verstehen. Ihr Ziel ist revolutionär: Sie wollen Wahrnehmen, Lernen und Denken nicht nur in beschreibender Weise analysieren, sondern in mechanistischen Modellen rekonstruieren und diese Fähigkeiten auf ihre materielle Grundlage zurückführen: auf Vorgänge im menschlichen Gehirn.

Revolutionär ist aber nicht nur das Ziel der Kognitionswissenschaftler, bahnbrechend sind auch deren Methoden. Ausgestattet mit effizienter Computertechnik und modernen Verfahren zur Erforschung von Gehirnen, eröffnen sich den Wissenschaftlern ganz neue Perspektiven für die Untersuchung kognitiver Leistungen. Im Gegensatz zum klassischen Psychologen, der sich der Wahrnehmung oder dem Gedächtnis nur auf dem Wege der Introspektion oder Verhaltensbeobachtung nähern konnte, unternimmt der Kognitionswissenschaftler den Versuch, den Deckel der berühmten „black box" zu lüften und ohne Umweg zu erfahren, was sich zwischen Reiz und Reaktion ereignet.

Die jüngsten Entwicklungen scheinen den Optimismus der Wissenschaftler zu rechtfertigen. Neurobiologen beobachten arbeitende Gehirne: Mit Hilfe bildgebender Verfahren können sie das Lösen bestimmter Testaufgaben mit der Aktivierung bestimmter Hirnareale in Verbindung bringen. Euphorische Stimmen vermelden bereits, hiermit sei der menschliche Geist endlich dingfest und sichtbar gemacht. Die KI-Forscher ihrerseits versuchen, Maschinen das Sehen, Erinnern und Urteilen beizubringen und auf diesem Wege die Architektur des Denkens zu erforschen.

Längst ist deutlich spürbar, daß diese wissenschaftliche Revolution nicht im Elfenbeinturm stattfindet, daß die junge Kognitionswissenschaft weit mehr ist als eine interessante akademische Disziplin. Vor allem die Fortschritte der Neurobiologen und KI-Experten machen sie zu einem Unternehmen, das gesellschaftliche Prozesse umstrukturieren, technische Entwicklungen anstoßen, unser Leben bis in den Alltag hinein beeinflussen und – vielleicht am wichtigsten – unser Selbstbild tiefgreifend verändern kann.

Das Programm der Kognitionswissenschaftler hat seine Wurzeln in der Kybernetik und in der Informationstheorie. Hier entwickelte sich die Idee, daß Erkennen und Denken als Rechenprozesse aufzufassen seien, in deren Verlauf Informationen aufgenommen und gespeichert werden. Parallel dazu vollzog sich in der Psychologie eine „kognitive Wende": Allzulang hatte hier der Behaviorismus dominiert, der kategorisch die Beschäftigung mit unserem Innenleben ablehnte. Allzulang hatten sich die Psychologen selbst verboten, über geistige Vorgänge zu sprechen. Wie aber sollten Wissenschaftler dann erforschen, was es mit Intelligenz und Bewußtsein auf sich hat?

Durch diese Einsicht geläutert, gossen die Psychologen ihren neuen Ansatz auch gleich in neue Begriffe: Als „mentale Repräsentationen" bezeichnen Fachleute heute die Bausteine des menschlichen Geistes, jene inneren Zustände also, die das Material unseres Bewußtseins und unseres Gedächtnisses ausmachen. Vor der kognitiven Wende verpönt, sind „Informationsverarbeitung" und „Erzeugung von Repräsentationen" heute zentrale Forschungsthemen der Kognitionswissenschaft.

»Das Alltägliche, uns allen Vertraute, ist am schwierigsten zu erklären«

Ungeahnten Aufschwung erfuhren diese Ideen mit der Entwicklung moderner Computer. Hier schien sich zwanglos die Möglichkeit zu eröffnen, kognitive „Rechenprozesse" auf Maschinen zu simulieren. Mit der Suche nach Künstlicher Intelligenz mauserte sich der Computer vom Recheninstrument zum Modell für den menschlichen Verstand. Das Gehirn als Computer, die Psyche als „Software" – diese Metapher wurde nicht nur zum Credo der Kognitionswissenschaftler, sie hält sich seitdem auch hartnäckig in unserem allgemeinen Selbstverständnis.

Spannend und provozierend zugleich, werfen diese neuen Konzepte eine ganze Reihe von Fragen auf: Lassen sich Bewußtsein und Intelligenz tatsächlich naturwissenschaftlich erklären? Können wir die kognitiven Fähigkeiten eines Menschen reduzieren auf die Summe dessen, was in seinem Gehirn abläuft? Lassen sich Wahrnehmen, Denken und Erinnern wirklich als Rechenprozesse verstehen? Und nicht zuletzt: Können wir tatsächlich „intelligente" Maschinen bauen?

Gemessen an ihrem anspruchsvollen Programm, waren die Erfolge der Kognitionswissenschaftler zunächst eher bescheiden. In der Gründerzeit der sechziger und siebziger Jahre machten viele Forscher den Fehler, die Computermetapher allzu wörtlich zu nehmen. Obwohl ursprünglich euphorisch begrüßt, erwies sich die Idee, daß „Elektronengehirne" konventioneller Bauart als Modell für menschliche kognitive Fähigkeiten dienen könnten, als wenig tragfähig. Die Systeme der klassischen KI lebten in künstlichen Welten und taugten nur für klar strukturierte Anwendungen. Zwar war es möglich, Computerprogramme zu entwickeln, die neue mathematische Theoreme „entdeckten"; eine Maschine zu konstruieren, die auch nur eine Scheibe Toast mit Butter bestreichen kann, erwies sich jedoch als äußerst schwierig.

Zur allgemeinen Überraschung stellte sich heraus, daß genau das Alltägliche, uns allen Vertraute, am schwierigsten zu erklären und zu simulieren ist: Der morgendliche Griff nach der Zuckerdose, die Suche nach der Zange im Werkzeugkasten erfordern viel mehr „verborgene" Intelligenz als erwartet.

Noch relativ jung an Jahren, schien damit das kognitionswissenschaftliche Programm bereits in einer Sackgasse gelandet zu sein. Denn den Arbeiten der Wissenschaftler lag vor allem ein falsches Bild von Denken und Intelligenz zugrunde: Was die KI-Experten

im Auge hatten, war die Fähigkeit zur Lösung abstrakter Probleme, war eine durch formale Regeln geleitete Vernunft, die mit Faktenwissen operiert.

Heute hingegen gilt natürliche Intelligenz im Kern als etwas ganz anderes, eher als die Fähigkeit zur Improvisation in einer variablen Welt. Erfolgreich sind wir demnach, weil wir eben nicht starren Regeln folgen. Und bekanntlich irrt menschliche Intelligenz meist gerade dann, wenn sie sich auf bloße „Fakten" verläßt. Heute wissen wir, daß unser Wissen über die Welt ganz anders organisiert ist, als die KI-Pioniere geglaubt haben: Unser Alltagswissen ist vor allem ein „implizites" Wissen über Handlungszusammenhänge, das wir intuitiv gebrauchen. Wie aber läßt sich das Unvorhersehbare programmieren? Spätestens hier verbreitet sich unter KI-Experten tiefe Ratlosigkeit.

In den letzten Jahren zeichnet sich jedoch eine neue Entwicklung ab: „Konnektionismus", die Theorie der „neuronalen Netze", heißt das Konzept, mit dem eine jüngere Forschergeneration die Kognitionswissenschaft jetzt erst richtig in Schwung bringen will.

Charakteristisch für diese neue Denkrichtung ist, daß sie nicht mehr den klassischen Computer zum Vorbild hat, sondern sich von der Architektur natürlicher kognitiver Systeme inspirieren läßt. Schließlich war einer der schlagendsten Einwände gegen die klassischen Modelle deren mangelnde biologische Plausibilität: Gehirne sehen nicht aus wie serielle Computer, es gibt keinen zentralen Prozessor, keine separaten Speichereinheiten, und es lassen sich in ihnen auch keine Regeln erkennen, die einem Computerprogramm ähnlich sind. In allen Regionen eines Gehirns werden Informationen verarbeitet. Und dieselben Einheiten, die „rechnen", sind auch die Grundlage des Gedächtnisses. Zudem zeigen Gehirne eine Fähigkeit der Selbstorganisation und eine Lernbereitschaft, an der es jenen Maschinen bislang völlig mangelt.

Orientiert am Vorbild der Natur, entwerfen die Konnektionisten eine stimmigere Architektur für kognitive Systeme:

- Kognitive Prozesse werden nicht mehr auf linear-sequentielle Informationsverarbeitung zurückgeführt, sondern als „emergente" – neue, unvorherberechenbare – Eigenschaft komplexer Netzwerke betrachtet, in denen viele Einzelkomponenten in dynamische Wechselwirkung treten.
- Die Bausteine solcher Netzwerke sind – wie beispielsweise die Nervenzellen des Hirns – langsame und einfache Recheneinheiten. Entscheidend für ihre Leistungsfähigkeit ist das Strickmuster: Das Geheimnis liegt in der raffinierten Verknüpfung der Elemente.
- Verarbeitung von Information ist parallel organisiert. Die Verrechnungsergebnisse sind über viele Netzwerk-Elemente verteilt.
- Von entscheidender Bedeutung ist, daß die Verknüpfungen in solchen Netzwerken nicht fertig vorgegeben sind, sondern daß die Netze „aus Erfahrung lernen". Ihre Struktur ist von ihrer Geschichte nicht zu trennen.
- Die „kognitiven Netzwerke" haben ganzheitlichen Charakter: Sämtliche Teile des Netzes können sich gegenseitig beeinflussen. Aus lokaler Interaktion entsteht globale Ordnung.
- Kognitive Systeme – wie etwa das menschliche Gehirn – bedürfen keiner Steuerungszentrale, es braucht keinen lenkenden „Homunculus" in der Maschine. Die Strukturen der Vernunft, so lautet das Fazit der Konnektionisten, sind nicht programmiert, wie die Erfinder der KI geglaubt haben: Sie organisieren sich selbst.

Zweifellos ist die konnektionistische Perspektive ein entscheidender Fortschritt: dynamische Netzwerke statt fest vorgegebener Hardware, Parallelverarbeitung statt zentraler Verrechnung, Selbstorganisation statt determinierter Programmabläufe. Für die Konnektionisten ist nicht mehr der Experte das Urbild der Intelligenz. Vorbild ist vielmehr das Kind, das lernt, sich in seiner Umwelt zu orientieren. Die Aufgaben, mit denen die KI-Forscher nun ihre Netzwerke trainieren, sind nicht mehr abstrakt-mathematisch, sondern der Lebenswelt entnommen. Die „künstliche" will nun zu einer „praktischen" Intelligenz werden.

Die Auswirkung der Netzwerk-Philosophie auf die kognitionswissenschaftlichen Disziplinen ist unübersehbar, äußert sich vielerorts in einer euphorischen Aufbruchsstimmung. Computer-Experten denken – inspiriert von der Neurobiologie – über ganz neue Hardware-Architekturen nach und bauen schon Großrechner mit hirnähnlicher Parallel-Struktur. KI-Experten modellieren mit „neuronalen Netzen" bereits kognitive Funktionen wie Klassifizierung von Mustern, assoziatives Gedächtnis oder begriffliche Verallgemeinerung. Sie glauben, mit Hilfe der lernfähigen Netze der Flexibilität natürlicher Intelligenz ein gutes Stück nähergekommen zu sein.

Die moderne Neurobiologie ihrerseits entwirft im Zuge des Netzwerk-Denkens ein sehr viel dynamischeres und ganzheitlicheres Bild vom Gehirn. Das Augenmerk der Forscher gilt gegenwärtig vor allem der Veränderbarkeit von Hirnstrukturen und der Plastizität von Hirnfunktionen, gilt Themen wie Entwicklung, Lernen und Gedächtnis: Wie organisieren sich Gehirne, denen vermutlich nur relativ wenig starre Regeln mitgegeben sind, durch die Wechselwirkung ihrer Bestandteile und ihre Interaktion mit der Umwelt? Und in den Brennpunkt des Interesses rückt nun auch die Frage, wie das Ganze mehr wird als die Summe seiner Teile: Wie wird die Aktivität weit verteilter Hirnareale integriert? Wie kann das Feuern von Milliarden verteilter Nervenzellen zu sinnvollem Verhalten führen?

Die konnektionistische Idee scheint tatsächlich erstmals die Kognitionswissenschaftler fächerübergreifend zu vereinen. Das Netzwerk-Denken schweißt Hirnforscher, Computer-Experten und Psychologen stärker zusammen als je zuvor. Dies könnte – zumindest in den Augen der Konnektionisten – ein tragfähiges Fundament für den Aufbau einer einheitlichen Kognitionswissenschaft abgeben.

So optimistisch sich die Kognitionswissenschaftler geben: Entscheidende Probleme sind allerdings ungelöst. Es bleibt abzuwarten, ob künstliche, nach konnektionistischer Manier gebaute Systeme wirklich eines Verhaltens fähig wären, das wir als intelligent bezeichnen würden. Noch ist beispielsweise keineswegs klar, ob und wie neuronale Netze unser implizites und „unscharfes" Alltagswissen abbilden können.

Noch fehlt die große Synthese: Bislang wurden immer nur hochspezialisierte Netzwerke entwickelt – unser Gehirn aber ist ein Vielzweck-Organ, das höchst unterschiedliche Leistungen erbringt. Bislang gehen die Kognitionswissenschaftler immer noch davon aus, daß sie Teilmengen unserer kognitiven Fähigkeiten isoliert studieren können, ohne auf das Ganze Rücksicht nehmen zu müssen. Doch dies könnte ein Irrtum sein: Sehen etwa ist nur möglich in Verbindung mit Gedächtnis, Bewegung und Handeln, setzt Welterkundung und Welterfahrung voraus. Auch aus diesem Grund hat Musterklassifikation durch ein Computerprogramm mit natürlichem Sehen noch nichts gemein.

Dabei sind solche Probleme noch keineswegs die schwierigsten Hürden, die für die Erklärung von Denken und Bewußtsein zu nehmen sind. Eine der hartnäckigsten Schwierigkeiten ist das „Problem der geborgten Bedeutung": Ebensowenig wie klassische Computer verfü-

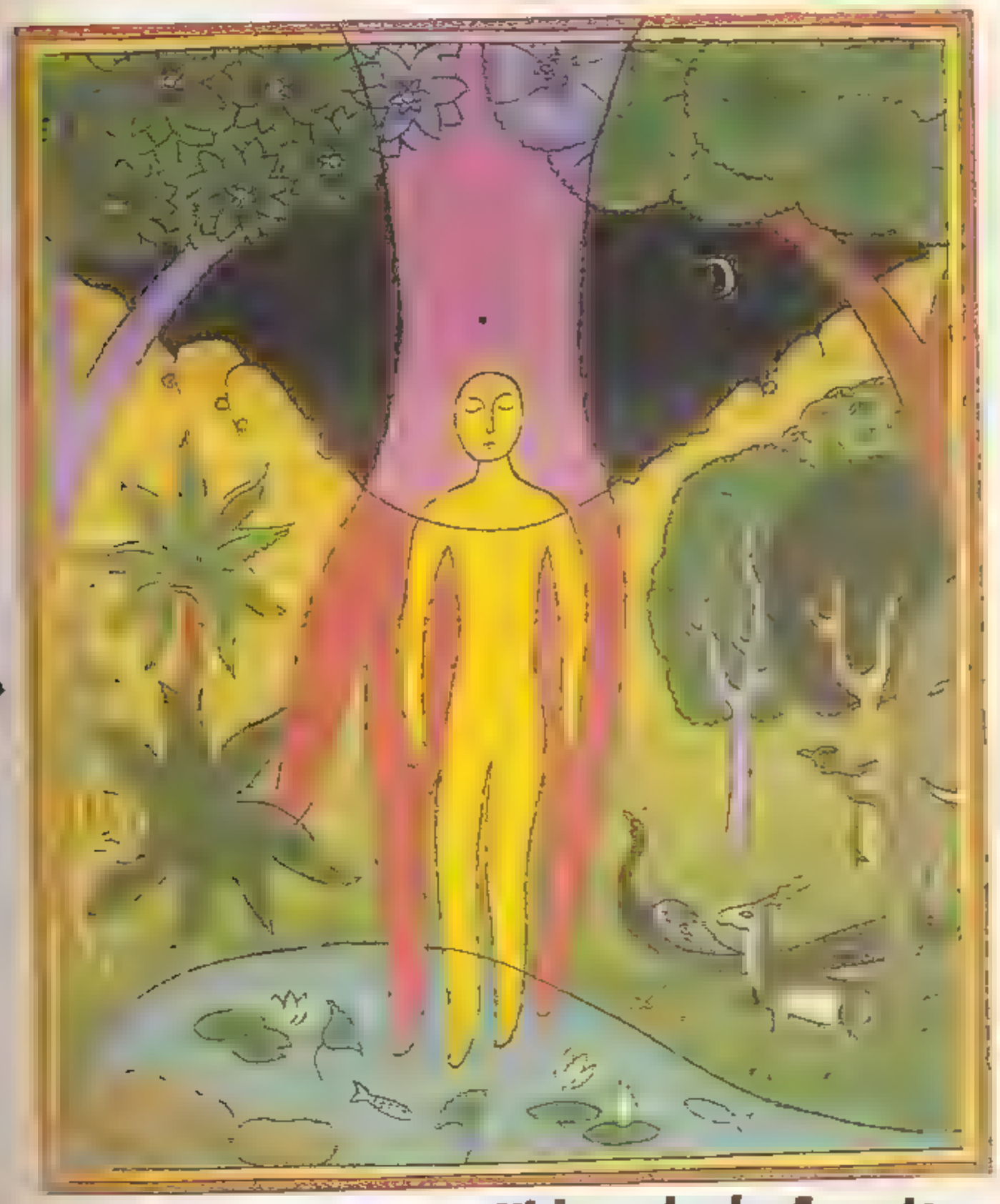
gen konnektionistische Netzwerke über die Bedeutung ihrer inneren Zustände, der „Repräsentationen". Damit das Ganze Sinn macht, bedarf es nach wie vor eines Beobachters, der das Verhalten des Systems interpretiert: Dessen Weltbezug ist also nur geliehen. Und es ist völlig offen, ob sich die „Intentionalität" – das Entstehen von Sinn und Bedeutung – auf diesem Weg jemals erklären läßt.

Die weitaus wichtigste Frage aber lautet: Treffen Konzepte wie „Informationsverarbeitung" und „Repräsentation" – denen auch die Konnektionisten eine Schlüsselrolle zusprechen – tatsächlich das Wesentliche von Wahrnehmung, Denken und Bewußtsein? Oder gibt es Aspekte von Kognition, die damit gar nicht erfaßt werden? Ist vielleicht das Bild, das diese Wissenschaft von uns und unserem Weltbezug zeichnet, nicht doch zu naiv?

Philosophisch betrachtet liegt dem Programm der Kognitionswissenschaftler die Idee zugrunde, daß die Welt, in der wir leben, fest vorgegeben ist – eine Welt mit eindeutigen Strukturen, deren konkrete Beschaffenheit völlig unabhängig davon ist, wie wir sie wahrnehmen. Kognition bestünde dann darin, diese vorgebene Außenwelt zu „re-präsentieren", sie bloß zur Kenntnis zu nehmen und passiv im Inneren des Denkapparats abzubilden.

Obwohl auf den ersten Blick plausibel, könnte diese Position zu simpel sein. Denn eine wesentliche Einsicht der neuzeitlichen Philosophie besagt, daß eine von unserer Erkenntnis unabhängige Welt für uns schlechterdings nicht zu denken ist: „Farbe" haben Gegenstände nur dann, wenn es überhaupt jemanden gibt, der Farbigkeit empfinden kann; ein Ding ist nur dann ein „Hammer", wenn hämmernde Individuen existieren. Diese Eigenschaften kommen den Gegenständen „selbst" offenbar nicht zu, wir legen sie ihnen bei. Und wenn dem so ist, dann bilden wir – als kognitiv tätige Subjekte – die Welt nicht bloß ab; vielmehr *erzeugen* wir sie: In der Welt handelnd bringen wir Sinn und Bedeutung erst hervor.

Nach dieser Ansicht, die unter anderem auf die Philosophen Martin Heidegger und Maurice Merleau-Ponty zurückgeht, läge das Wesen der Kognition also nicht in der Verarbeitung vorgebener Information, sondern viel eher in einer Fähigkeit zur Welterzeugung. Dies aber ergibt eine ganz neue Perspektive: Gehirne – die an Denken und Bewußtsein ja unzweifelhaft beteiligt sind – wären nicht bloß Medium der Weltabbildung, sondern vor allem Vehikel der Welterzeugung.



»Nicht mehr der Experte ist das Urbild der Intelligenz, Vorbild ist vielmehr das Kind, das lernt«

Klar scheint außerdem zu sein, daß solche „Welterzeugung" ein sozialer Prozeß ist: Hier müssen viele Individuen zusammenwirken, nie könnte ein einzelner Mensch allein Sprache und Kultur entwickeln. Kognition und Bewußtsein sind eine Gemeinschaftsangelegenheit.

Auch hier hat das Programm der Kognitionswissenschaftler Nachholbedarf: Wird doch bislang meist angenommen, daß sich kognitive Fähigkeiten in einem Einzelgehirn organisieren. So gesehen ist es zweifelhaft, ob sich unser intersubjektives Bewußtsein auf das reduzieren läßt, was die Neurobiologen in einzelnen Gehirnen vorfinden. Selbst wenn die Hirnzustände einer Person vollständig bekannt wären, könnte trotzdem niemand – nur aus der Kenntnis dieser Daten – sagen, was sie denkt oder fühlt. Denn die Bedeutung dieser Zustände hängt auch von äußeren Faktoren ab: von der Situation, in der dieser Mensch sich befindet, von seinem Bezug zur Umwelt und vor allem zu anderen Menschen.

Skepsis ist angebracht: Mit dem bloßen Blick ins Gehirn enthüllen wir nicht ohne weiteres das Wesen des Bewußtseins, verstehen wir *uns* noch lange nicht. „Gott, wenn er in unsre Seelen geblickt hätte", warnte daher schon der Philosoph Ludwig Wittgenstein, „hätte dort nicht sehen können, von wem wir sprachen." □

Dr. Andreas Engel, 31, studierte Medizin und Philosophie. Er arbeitet im Team von Prof. Dr. Wolf Singer am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt, einer in den letzten Jahren besonders erfolgreichen Forschergruppe.

Bayer: Kompetenz und Verantwortun

Vor den kleinen Pflanzenschützern in der Natur haben wir ganz besonderen Respekt.

Unsere Pflanzenschutzmittel wirken gezielt gegen Schädlinge wie die Blattlaus und schonen Nützlinge wie die Florfliege

Der neue Pflanzenschutz

Die Florfliege ist einer der vielen Nützlinge, die sich von Pflanzenschädlingen wie den Blattläusen ernähren. Vor diesen kleinen Pflanzenschützern haben wir daher großen Respekt. Doch mehr als einen Bruchteil der notwendigen Pflanzenschutzarbeit dürfen wir von unseren Freunden, den Nützlingen, nicht erwarten.

Denn nicht nur Kleingärten müssen geschützt werden, sondern auch die Ernten für mehr als fünf Milliarden Menschen. Unsere Aufgabe ist es, die Nahrungsmittelproduktion der Menschen zu sichern und dabei gleichzeitig die Umwelt zu schützen.

Pflanzenschutz gleich Umweltschutz? Wir sind tatsächlich auf dem besten Wege.

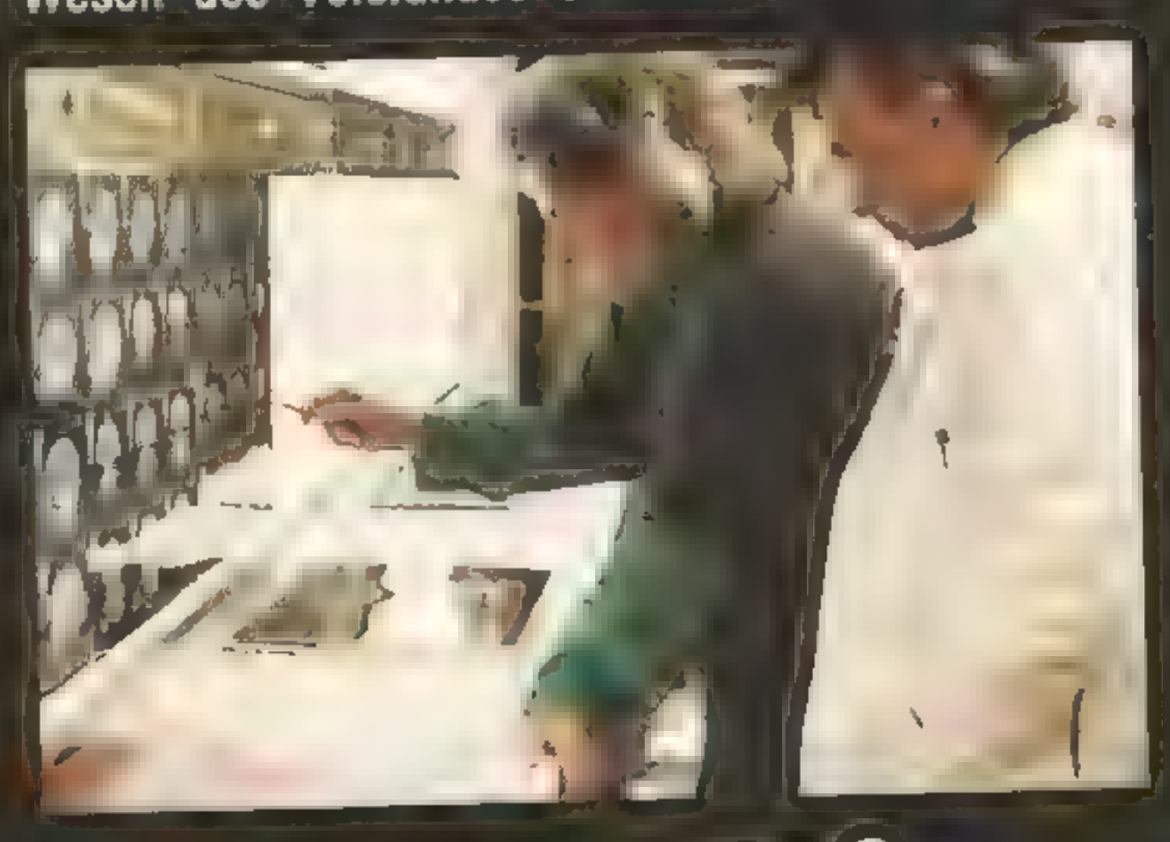
So haben wir Pflanzenschutzmittel entwickelt, die gezielt gegen Schädlinge wirken, Nützlinge jedoch unbeschadet lassen.

Denn verantwortungsbewußter Pflanzenschutz arbeitet nach dem heute einzig gültigen Prinzip, daß jeder Fortschritt auch aus ökologischer Sicht Gewinn bringen muß.

Wir senden Ihnen gerne weitere Informationen des Geschäftsbereiches Pflanzenschutz zu. Bitte schreiben Sie an die Bayer AG, Konzernverwaltung Öffentlichkeitsarbeit, W-5090 Leverkusen.

Bayer

Erinnerungslücken, Wahrnehmungstrübungen oder Sprachausfälle resultieren nicht selten aus Verletzungen des Gehirns. Hanna und Antonio Damasio von der University of Iowa haben weltweit die meisten Patienten mit solchen Hirnläsionen – sichtbar etwa als Schatten in Magnetresonanz-Tomogrammen – untersucht und eine neue Theorie vom Wesen des Verstandes entwickelt



Die Schatten der Erkenntnis

Computersimulation: Das elektronisch geöffnete »Fenster« ins menschliche Gehirn zeigt den – willkürlich orangerot eingefärbten – Hippokampus. Fällt etwa nach einem Schlaganfall dieser tief im Schädel gelegene Teil der Hirnrinde aus, verliert der Patient die Fähigkeit, neue Eindrücke als Erinnerungen zu speichern

VON JÜRGEN NEFFE

Vergessen wir erst einmal den schmächtigen älteren Mann im sauber gebügelten Holzfällerhemd, den die Kartei unter dem Kürzel FR-1465 führt, seine zarten Finger, die bisweilen am grauen Schnauzbart zupfen, seine traurig singende Stimme, die ohne Zwischentöne von hellem Lachen in hilfloses Klagen fällt, und seine Tränen der Angst vor sich selbst.

Stellen wir uns doch vor, unser Leben oder nur die letzte Woche fände noch einmal statt mit allen Eigenheiten und Einmaligkeiten. Wenn wir wollen, schaufelt das Gedächtnis Bilder ins Bewußtsein, Szenen, Sätze und Gesichter, Erlebnisse und Erkenntnisse. Wichtiges ist weg, Belangloses taucht wieder auf. Die eigene Geschichte erscheint als Zerrbild des Gewesenen, aus merkwürdigen Fragmenten und doch einheitlich: Sie ist ein wesentlicher Teil des einzigartigen Wesens Ich.

Wo viel Gefühl im Spiel war, da ist auch viel Erinnerung. So haftet tief in mir die Reise ins Labor des Intellekts – in jene Welt des Fragens und Erkennens, wo sich das Denken selber denkt und der Verstand das eigene Verstehen zu verstehen sucht. Wo das Gehirn des einen Menschen Konzepte der komplexen Welt des Geistes konstruieren kann, weil irgendwo im Kopf von anderen Stücke des kompliziertesten Gewebes dieser Welt gestorben sind.

Antonio Damasio ist so einer, der sich für lädierte Denkorgane interessiert, für Störungen im Wahrnehmungsapparat, Gedächtnisausfalle, Sprachfehler, Vorstellungsverluste oder Sinnestrübungen. Da sich die Herstellung von Versuchsbedingungen am lebendigen Menschenhirn aus ethischen Gründen in aller Regel verbietet, greifen Läsionsforscher wie er auf „Experimente der Natur" zurück: Wenn nach Infektion oder Operation, Unfall oder Schlaganfall Narben im Nervenbündel unter der Schädeldecke zurückgeblieben sind, kundschaften sie es aus bis in die letzten Windungen und spüren mit ausgeklügelten, genormten Tests auch kleinste Beeinträchtigungen der kognitiven Fähigkeiten auf. Daten aus unzähligen solcher „Läsionsexperimente" sollen sich allmählich zu einem Ganzen, zu einer Art neuer Karte des Kosmos im Kopf zusammenfügen.

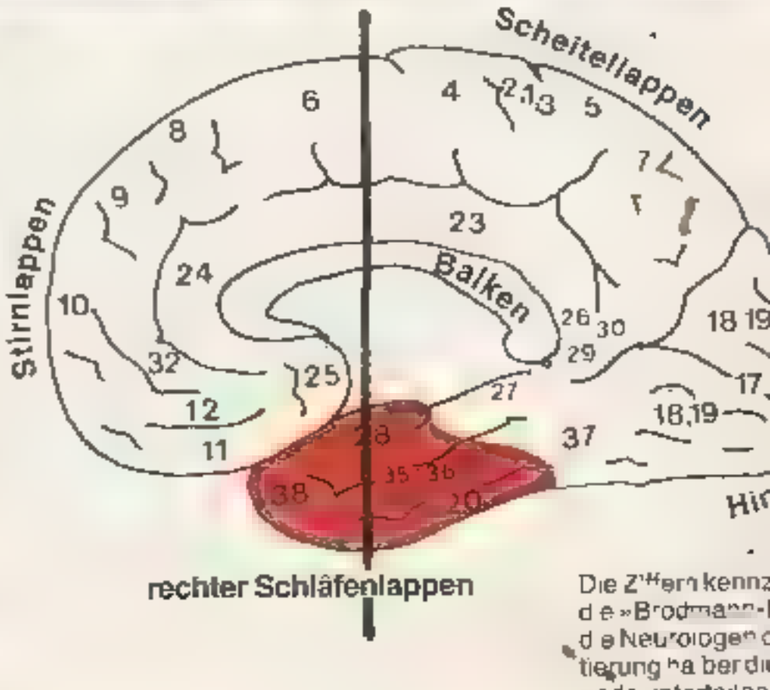
So wie gute Kartographie von der Qualität der Landvermessung lebt, so glänzt der Hirntheoretiker und Neuropsychologe Antonio – wissenschaftlich – nicht zuletzt aufgrund der engen Symbiose mit der Neuroanatomin Hanna Damasio, seiner Frau und Arbeitspartnerin: Sie liefert ihm sozusagen die geographischen Daten, das anatomische Pendant zu seinem Atlas der Vernunft. Mit Hilfe moderner und modernster Medizintechnik – Computer-, Magnetresonanz- und neuerdings auch Positronen-Emissions-Tomographie (CT, MR und PET, vgl. GEO-Wissen „Ärzte · Technik · Patienten") – ermittelt sie millimetergenau Ort und eventuell auch Art der Verletzung im Gehirn des Kranken.

Gemeinsam hat das aus Portugal stammende, seit nunmehr fast 20 Jahren in den USA lebende Ärzte- und Forscherehepaar im Universitätsstädtchen Iowa City nicht nur die weltweit größte neurologische Abteilung aufgebaut, sondern auch das umfangreichste Kollektiv von Fällen mit Gehirnverletzungen untersucht und dokumentiert: In ihrer Patientenkartei ist längst die Akte mit der Nummer 1500 überschritten. Vor die Ziffern stellen sie die Initialen der Betroffenen wie kleine Zugeständnisse an deren Identität im Massenstückgut anonymisierter Testpersonen.

Im Konferenzraum wartet schon der Ordner mit der Aufschrift GJ-1612. Der „schöne Fall" – so reden Ärzte – reiht sich an diesem Frühlingsmontag ein ins Kabinett des Doktor D. Die Frau von 76 Jahren – ihr Name ist ihm, gibt er zu, entfallen – beschert dem Chefarzt einen „faszinierenden Defekt": Sie hat Probleme mit dem Vokabular.

In ihrem Gedächtnis findet sie ganz bestimmte Wörter nicht mehr wieder, vor allem Hauptwörter wie etwa Namen und sogenannte Appellative – Gattungsbezeichnungen, mit denen

Patient FR 1465. **Neuropsychologischer Status** mittelschwere anterograde und leichtere retrograde Amnesie (Gedächtnisverlust) bei überragenden intellektuellen Fähigkeiten. **Neuroanatomischer Status** Schädigung der Hippokampus-Formation und anderer an der Hirnbasis gelegener Strukturen auf der rechten Seite, die Folge einer Herpes simplex Enzephalitis (Magnetresonanz-Tomogramm)



Die Ziffern kennz
die »Brodmann-
die Neurologen
tierung haben die
rinde unterteilen

ge kann Gegenstände durch Fühlen einwandfrei erkennen. Art und Ort seiner Verletzung – »Läsion« – erklärt ihm der Therapeut am Modell

Ein Riß im Spiegel der Erinnerung

Patient FR-1465, ein ehemaliger Elektriker, lebt mit seiner Frau in einem selbstgeplanten »Erdhaus« in der Nähe des Mississippi: Vier Jahre lang hatte er die verfügbare Literatur studiert, um ein erdbedecktes Gebäude zu errichten, das selbst im kalten Winter des Mittleren Westens kaum Heizung braucht. Der größte Kummer des Hobbymalers nach seiner Hirninfektion: Da er kaum noch Erinnerung an die Konstruktion hat und seine eigenen Pläne nicht mehr richtig versteht, ist er auf fremde Hilfe angewiesen. Dank seiner Frau und mit Hilfe unzähliger Notizzettel kämpft er gegen seine Unfähigkeit, sich Erinnerungen zu schaffen

wir auch die einzelnen Gegenstände einer Gruppe benennen, wie etwa „Haus" oder „Tisch". Bei den Verben hapert es nicht gar so arg.

Hanna Damasios erste Untersuchung mit dem Computer-Tomographen hat ein Areal abgestorbenen Gewebes im linken Schläfenlappen lokalisiert, möglicherweise Folge einer Alzheimer-Erkrankung. Bei den Untersuchungen, zu denen ihr Mann und dessen Assistent Daniel Tranel nun mit der Frau an einem Tisch sitzen, ist sie nicht zugegen.

„Was ist das", fragt Tranel und faßt sich an die Nase.

„Nase", antwortet die alte Frau ohne Zögern

„Und das hier?"

„Knie." Namen für Körperteile beherrscht sie ohne weiteres. Beim ersten Hinhören klingt ihr Englisch auch ziemlich normal, geschickt scheint sie Probleme zu umschiffen. Doch auf Dauer kann sie ihre Schwächen nicht verbergen. Im dichtgespannten Netz neurologischer Tests, wo selbst kleinste Ungereimtheiten auffallen, offenbaren sich große Lücken wie die ihren wie geschwärzte Worte in einem zensierten Text.

Ausfälle geben Einblicke in die Arbeit des Gehirns

Antonio Damasio übernimmt: „Was ist ein Baum?"

„. . . im Hinterhof?" entfährt es ihr mit Staunen und Verwirrung. „Hat ein . . ."

„Was ist ein Ast?"

„Das ist ein . . . kommt raus."

„Was ist ein Hammer?"

„Damit macht man . . . zusammen . . "

„Und was ist eine Schere?"

„Schneiden." Aufgefordert, die Bewegung einer Schere nachzumachen, schüttelt sie hilflos den Kopf, ebenso bei „Zange" und „Schraubenzieher". Doch als ihr später die realen Gegenstände in die Hand gegeben werden, „erkennt" sie die Werkzeuge: Sie kann sie benutzen, wie es sich gehört. Gleichen sich Haupt- und Tätigkeitswort, kann sie das Substantiv meist auch verstehen, ohne das Ding zu sehen.

„Was ist eine Burste?"

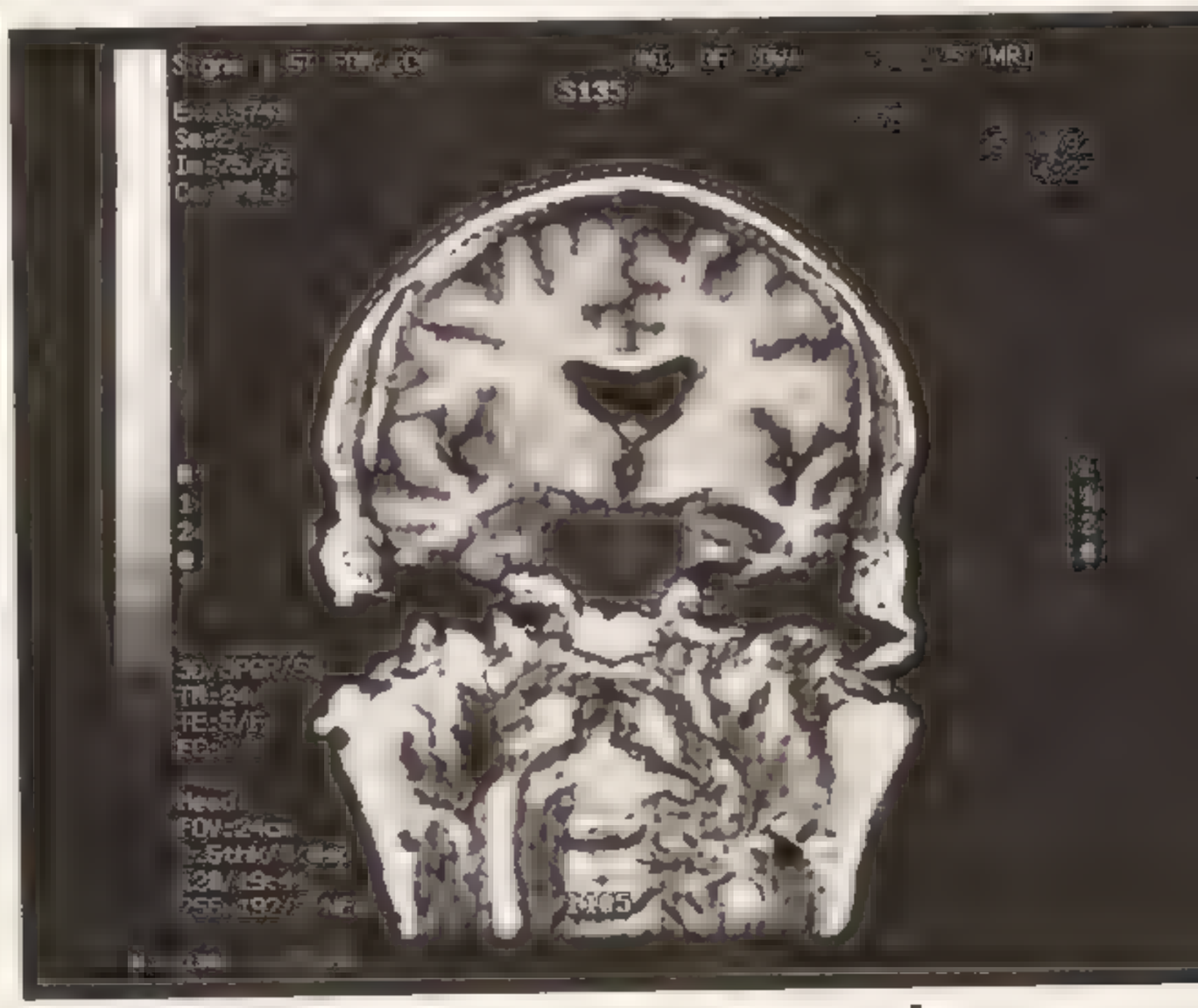
„Damit bürstet man Dinge weg", weiß sie und macht mit der Hand die entsprechende Bewegung. „Wie macht ein Klavierspieler?" Sie trommelt mit den Fingern in der Art eines Pianisten auf den Tisch.

„Was ist denn Deutschland?" Sie überlegt lange und sagt dann: „Schließlich konnten sie gehen. Sie haben alles davon weggenommen." Sie meint die Mauer.

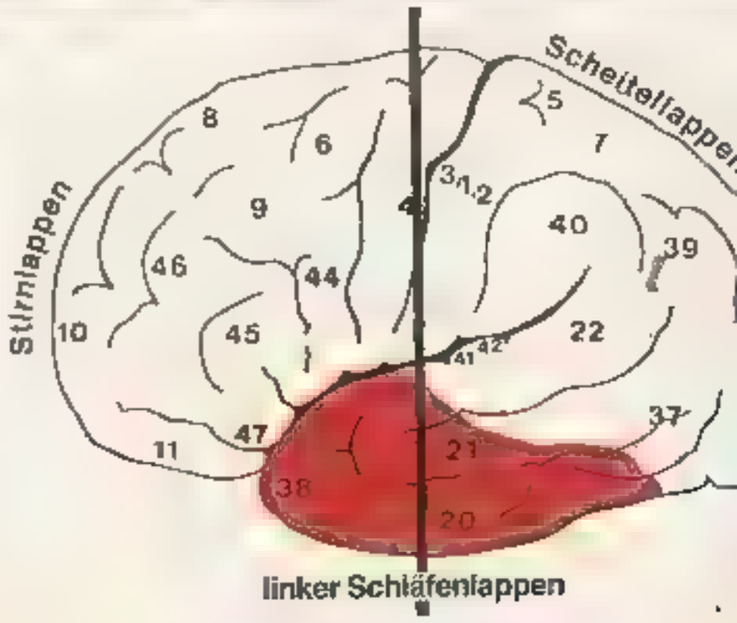
Später überprüft Daniel Tranel in der Manier eines Pantomimen ihre Fähigkeit, Regungen wahrzunehmen. „Was ist das?" er sieht sie grimmig an. „Wütend." Begriffe wie Wut, Freude oder Bitterkeit sind ihr nicht zu entlokken. Tranel tut affektiert, streicht mit den Händen über sein Gesicht, als wollte er sich Make-up auftragen. „Sie versuchen wie eine Frau zu machen."

Antonio Damasio versinkt kurz in Gedanken, dann lacht er sein weiches Jungenlachen und ruft: „Ausgezeichnet!" – eine seltsame Mischung aus Lob für die Bemühungen der Probandin, die sich fortwährend für ihre Präsentation entschuldigt, und inwärts gekehrter Freude des Forschers, dem die Ausfälle offenbar gut in die Entwürfe auf seiner Theorienbaustelle passen: Das etwa einstündige Gespräch ist für den Hirntheoretiker ein Experiment, mit dem er seine Hypothesen auf Tauglichkeit überprüft. Aus ähnlich gelagerten Funktionsstörungen hat er für das Auffinden von Gedächtnisinhalten ein – wenn auch noch recht unfertiges – Modell konstruiert, das er empirisch testet, im Glücksfall verifiziert, erweitert und verfeinert, das er im ungünstigen Fall jedoch falsifizieren, teilweise oder ganz verwerfen müßte.

Wegen der ungeheuren Komplexität von Denken, Lernen und Vergessen brauchen die Damasios ihre Fülle von Fällen, um sich allmählich ein Bild von den Vorgängen im Gehirn machen zu können. Patienten mit „diffusen" Läsionen lehnen sie in der Regel ab, am liebsten sind ihnen solche mit eindeutig definierbaren anatomischen und neuropsychologischen Defekten – wie einem Elektroniker ein kaputter Com-



Patientin GJ 1612 **Neuropsychologischer Status** schwere Beeinträchtigung des Wiederauffindens sowohl von Eigennamen als auch von Appellativen (Gattungsnamen) im Zusammenhang mit einer fortschreitenden Aphasie, begleitet von einer sich ausweitenden Demenz **Neuroanatomischer Status** Atrophie (Verkümmerung) im linken Schläfenlappen (Magnetresonanz-Tomogramm)



linker Schläfenlappen

...ormten Tests untersucht Antonio Damasio seine Patientin. Obwohl sie sich sehr bemüht, kann sie vieles nicht mehr beim Namen nennen

Manchmal fehlen ihr die Worte

Patientin GJ-1612, eine 76jährige Rechtshänderin, leidet vermutlich an einer nicht heilbaren Alzheimer-Erkrankung. Da ihr die Worte für Gegenstände, aber auch zum Beispiel für Farben oder Gemütszustände vielfach nicht zur Verfügung stehen, fallen ihr Antworten auf konkrete Fragen schwer. Eine solche Aphasie ist allerdings keine Gedächtnisschwäche per se, sondern eine Störung der Sprachlautebildung: Die Patientin hat die Wörter nicht vergessen, sie bringt sie offenbar nur nicht mehr heraus. An Verabredungen und Termine beispielsweise konnte sie sich beim Klinik-Besuch sehr gut erinnern

puter mit einem einzigen schadhaften Bauteil, das er ersetzen und damit den Fehler beheben kann

Allein, für totes Hirngewebe sind Ersatzteile womöglich nie erhältlich. So müssen sich Patienten neurologischer Abteilungen meist mit der einen Hälfte ärztlicher Kunst begnugen, der Diagnose. Mit immer monströseren Großgeräten, gekoppelt an immer leistungsfähigere Computer, lassen sich immer kleinere Schaden erkennen. Doch therapeutisch werden die Betroffenen im Sinn des Wortes oft alleingelassen. Mitunter übernehmen zwar gesunde Teile des Gehirns die Funktion der ausgefallenen. Doch diese „Plastizität" wird vielfach überschätzt

Da Hirnregionen, die den Dienst versagen, nicht selten unwiederbringlich verloren sind, lassen sich abhanden gekommene Fähigkeiten allenfalls so gut es geht noch „kompensieren": In ihrer häuslichen Umgebung findet sich Mrs. GJ-1612 noch leidlich zurecht, kann viele Dinge finden und benutzen, die zu bezeichnen sie längst nicht mehr imstande ist. Womöglich geht ihr Gehirn, um das Manko bei den Substantiven auszugleichen, zum Teil den Umweg über das nicht so defekte Verbsystem. Helfen im Sinne von Heilen steht bei ihr indes außerhalb der Reichweite ärztlichen Könnens.

In seinem äußerlich gesunden Körper steckt ein kranker Geist

„Selbst ein Nutzen von Rehabilitationstherapien", erklärt der Rehabilitationstherapeut Steve Anderson in Damasios Team, „ist nicht erwiesen." Oft kann er nicht mehr leisten als Trost zu spenden, Mut zu machen. Vor ihm sitzt der schmächtige, ältere Mann im Holzfällerhemd – er ist zu seiner wochentlichen Sitzung gekommen – und putzt sorgfältig die Gläser seiner Brille. Dann schaut er auf aus rot verweinten Augen und bittet um Verzeihung für sein kindisches Verhalten.

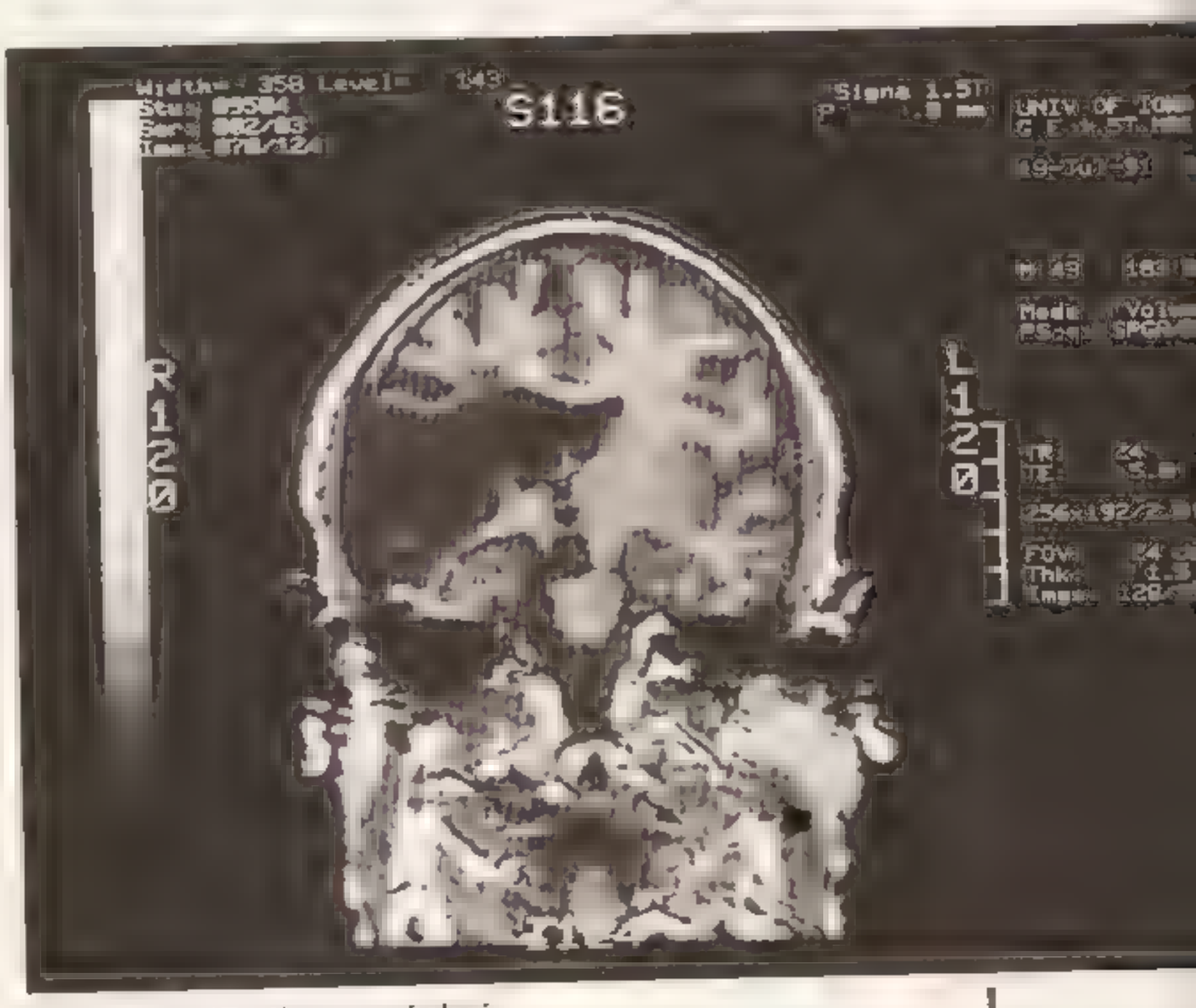
„Nicht, daß Sie schlecht über mich denken", sagt er überraschend ruhig. „Meine Gefühle gehen mit mir durch, und die Tränen fließen leichter. Manchmal frage ich mich: warum? Warum ist mir das nur passiert." Immer habe er auf sich geachtet, sich fit gehalten, nie geraucht, nie getrunken, sich stets gesund ernährt – und nun wundert er sich, weshalb *mens sana in corpore sano* für ihn zur leeren Formel werden konnte. In seinem äußerlich und organisch ansonsten völlig gesunden Körper steckt ein kranker Geist. „O mein Gott", er fällt ins Jammern, faßt sich mit der flachen Hand aufs kahle Haupt, „was wohl da oben vor sich geht?"

Es riecht nach Trauer und Erkenntnis am Seziertisch der Vernunft, nach Leidenschaft und Leiden. Da brechen Selbst-Bewußtsein und Selbstbewußtsein auseinander. Vorstellungen werden unvorstellbar, ja sogar des Lebens Sinn erschließt den Sinnen sich mitunter neu – weil Wahrheit, Wirklichkeit und Wahrnehmung nicht zueinanderfinden und die Gedankensprache manchen Worten keinen Ausdruck mehr verleiht

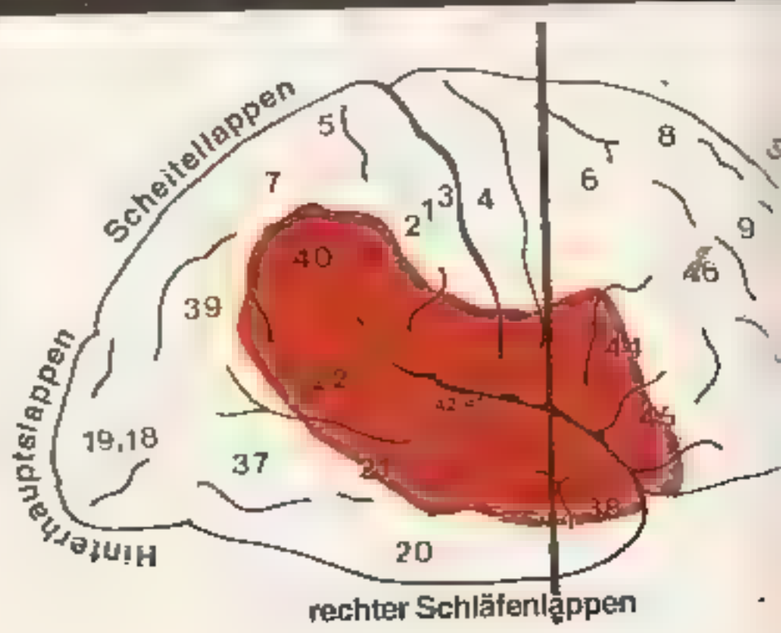
Der Mann sagt, er sei 62 Jahre alt. Die Kartei weist unter dem Kode FR-1465 einen 71jährigen Rechtshänder aus mit „mittelschwerer anterograder und leichterer retrograder Amnesie im Zusammenhang mit überragenden intellektuellen Fähigkeiten": Bei fast allen Intelligenztests schneidet er überdurchschnittlich ab, doch fehlen seinem Gedächtnis einige Episoden aus der Zeit vor und ein Großteil der Ereignisse nach seinem Unfall.

„Die achtziger Jahre sind wie ausgelöscht", resümiert er ein Gefühl zwischen Ahnung und Wissen. Die Jahre davor tauchen schemenhaft im Nebel der Erinnerung auf, je weiter zurück, desto deutlicher. Vom Unglück selbst weiß er nur aus Berichten seiner Frau. Daß er nach einem eher harmlosen Autounfall im Dezember 1989 über heftige Genickschmerzen geklagt habe, daß er von einer Nachbarin kurz darauf bewußtlos in seinem Haus aufgefunden und gleich darauf in eine Klinik gebracht wurde, wo man eine Virusinfektion im Gehirn diagnostizierte.

Die „Herpes-simplex-Enzephalitis" ließ sich zwar rasch medikamentös eindämmen, doch zurück blieb eine „Schädigung der Hippokampus-For-



Patient RH 747 **Neuropsychologischer Status** Defizite in der visuellen Wahrnehmung und beim Raumsinn, außerdem leichte Defekte bei nichtsprachlichen intellektuellen Fähigkeiten; Verlust der Sprachmelodie und Betonung; Intelligenz im oberen Durchschnitt **Neuroanatomischer Status** Läsion im rechten Gyrus supramarginalis des unteren Scheitellappens infolge eines Schlaganfalles (Magnetresonanz-Tomogramm)



mation und anderer an der Hirnbasis gelegener Strukturen auf der rechten Seite". Ein winziger, doch wie sich herausstellte höchst wichtiger Teil seines rechten Schläfenlappens war zerstört. Damit begann sein Taumeln zwischen Verzweiflung und zaghafter Zuversicht, zwischen Wut und Verwunderung über sein Selbst, das sich selber nicht mehr ganz versteht. „Ich habe Angst", sagt er, „das alles ist so unheimlich."

Der Riß im Spiegel seiner Erinnerung verläuft an einer der bizarrsten Stellen jener Erscheinung, die auch den Namen „Seele" trägt. Der schmalbrustige Mann irrt zwischen Bildern und Gedanken hin und her, die er nicht mehr zusammenbringt: Was die Wissenschaft „verbal-visuelle Dissoziation" nennt, entlarven vor allem seine Äußerungen in Situationen, die jedem anderen harmlos und normal, ihm aber bedrohlich vorkommen. „Entschuldigen Sie", sagt er etwa zu einem Bekannten, „ich weiß, daß ich Sie kenne. Aber ich weiß nicht, wer Sie sind." An wohlvertrauten Orten entfahren ihm Bemerkungen wie: „Oh, ich war schon öfter hier, das ist mir klar, aber ich habe keine Ahnung, wo ich bin."

Die Einheit von Vorstellung und Formulierung ist aufgehoben

Er hat mich lange angeschaut, reicht mir die Hand zum Abschied und läßt sich ein auf ein für sein Begriffsempfinden großes Wagnis: Er lädt mich ein, in ein paar Tagen, zu sich nach Haus, fügt nachdenklich hinzu: „Es ist gut möglich, daß ich nicht mehr wissen werde, wer Sie sind." Dann wendet er sich ab und geht.

Was seinen Fall so „faszinierend" macht: Irgendwie ist seine Individualität in eine Dualität zerfallen. Die natürliche Einheit von Vorstellung und Formulierung ist aufgehoben. Gedächtnisspuren sind zwar sowohl im sprachlichen als auch im bildlichen Bereich offenbar noch vorhanden, doch besteht zwischen ihnen keinerlei Zusammenhang mehr.

Wird er durch Erwähnung eines Namens an eine Person gemahnt oder an eine Begebenheit, dann ist ihm meist bewußt, daß er sie kennt. Doch das will ihm „nichts sagen". Denn weder Gesicht noch Geschehnis kann er sich vorstellen, so sehr er sich auch bemüht. Wenn er sich durch die Stadt bewegt, die er seit Jahren kennt, dann weiß er nicht, was ihn in einem Haus oder hinter der nächsten Ecke erwartet. Sieht er jedoch, was er nicht zu wissen meint, dann „kommt es wieder". So lebt er mit einem ständigen Aha-Gefuhl, weil sein „inneres Auge" zum Teil erblindet ist.

Sein äußeres Auge hingegen, der Sinn für die Sicht der Dinge, wie sie sind, laßt sich nur selten täuschen. Er hat gesehen, wie in seiner Kartenspielerrunde die anderen schamvoll schwiegen, als sie von einem seiner alten Freunde sprachen und er sie fragte, wer das sei. Er hat „das Mädchen" wiedererkannt, dem er als junger Mann den Hof gemacht hat, und nicht gewagt, die Frau anzusprechen: Um zu vermeiden, daß er Fragen über Dinge stellt, die ihr im Lauf der letzten Jahre zugestoßen sind und die er „wissen mußte". Er hat erfahren und erlitten, wie peinlich Kommentare über einen Nachbarn sind, den er noch lebend wähnt, der aber länger schon verstorben ist.

Gerade jene Fälle aber, die im Substrat der Wahrnehmung, des Merkens und Entsinnens subtile Schäden aufzuweisen haben, die braucht der Arzt Damasio als Forscher. Aus seinen umfangreichen Analysen – die „kranken" Konstellationen merkt er sich offenbar wie Konfigurationen auf dem Schachbrett – hat er im Lauf der letzten Jahre eine völlig neue Idee uber die Funktion des menschlichen Erinnerns destilliert. Er postuliert und propagiert ein bislang hypothetisches System von Zentren aus Nervenzellen, die „Konvergenzzonen": Neuronale Ensembles – noch sind sie graue Theorie, denn niemand hat entsprechende Zellverbände bislang entdeckt – orchestrieren seiner Vorstellung nach sowohl das Ablegen als auch das Wiederaufrufen von Informationen.

Wie das Gehirn die Realität „repräsentiert" und wie es den – unbewuß-

Mit einem ...g verlor er ...e Balance

Patient RH-747, ein heute 42jähriger Rechtshänder, erlitt schon 1973 einen schweren Schlaganfall: Beträchtliche Teile seiner rechten Hirnhemisphäre starben ab, weil sie – vermutlich durch eine Gefäßverstopfung – nicht mehr ausreichend mit Blut versorgt wurden. Seither kann er seine linken Gliedmaßen nicht mehr richtig bewegen und spricht »flach«. Diese Unfähigkeit, seinen Sätzen die rechte »Melodie« zu unterlegen, beschränkt seine Ausdrucksfähigkeit. Eine anfängliche visuell-räumliche Störung heilte spontan aus – womöglich durch die »Plastizität« des Gehirns: Unverletzte Teile könnten die Aufgaben übernommen haben. Trotz seiner Behinderung geht er – in einer Klinik für Blinde – einer Teilzeitarbeit nach

ten – Speicherinhalt ins Bewußtsein bringt, ist eine der zentralen Fragen der neuen Kognitionswissenschaften. Die traditionelle Sicht geht davon aus, daß es im Kopf bestimmte Orte – „Lokalisationen" – gibt, an denen etwa Szenen oder Objekte komplett untergebracht werden. Wird eine dieser Schubladen zugenagelt oder zerstört, entzieht ihr Inhalt sich dem weiteren Gebrauch.

Das Gehirn zerlegt die Wirklichkeit in unzählige kleine Bausteine

Dagegen spricht zum einen, so Damasio, daß solche separaten Lagerplätze „dem Gehirn eine unerträgliche Last aufbürdeten". Wenn jede Landschaft, jedes Ereignis oder auch nur jeder Satz einen eigenen Platz im Hirn beanspruchte, müßte der Bedarf an Speicherplatz das Aufnahmevermögen über kurz oder lang sprengen. Zudem besitzen wir nicht nur die Fähigkeit, uns exakt an das zu erinnern, was uns zugestoßen ist. Wir können auch neue Kombinationen aus Teilen alter Erinnerungseinheiten erzeugen – möglicherweise eine der Grundlagen von Kreativität.

Auf solche Überlegungen haben den portugiesischen Wahlamerikaner die Beobachtungen seiner Patienten mit sehr „selektiven" Störungen in Perzeption und/oder Memorieren gebracht. Ähnlich wie er selbst aus Splittern von Fakten sein Bild vom Hirn entworfen hat, so laufen seiner Ansicht nach auch Wahrnehmen, Speichern und Zurückrufen des Gespeicherten als eine Art multidimensionales Zersplittern und mosaikartiges Wiederherstellen ab. Was das Gehirn „behält", zerlegt es vorher in definierte Einzelteile – und es entsteht ein komplexes, mehr oder weniger unverwechselbares Muster neuronaler Impulse.

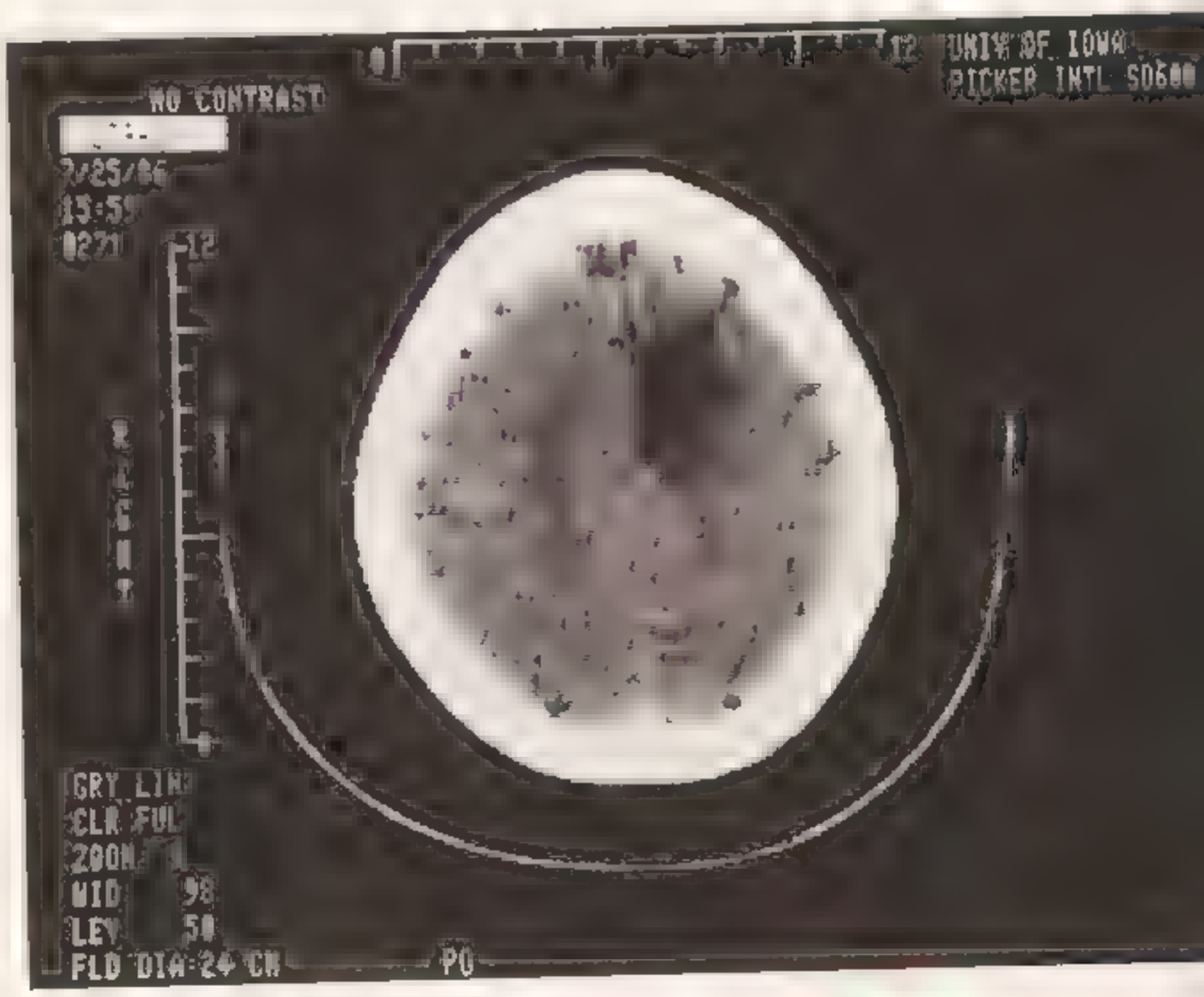
Anders gesagt: Was immer wir hören oder sehen, erzeugt ein Zusammenspiel bestimmter Nervenzellverbände, als ob die Sinne wie auf einem großen Feld von Telefonen – mit jeweils viel mehr als nur zehn Tasten – ausgesuchte Teilnehmer anwählten und diese zu immer neuen Gruppen verbänden.

Die Konvergenzzonen Damasios sind in diesem Bild Vermittlungsämter, die sich weder um das Gesamte noch um winzige Details scheren, sondern lediglich darum, welche Vermittlungsamter der nächstunteren Stufe sie – etwa beim Einprägen eines Bildes – zusammenschalten müssen. Diese „merken" sich wiederum nur eine Kombination zur Weitergabe an die Ämter auf einer tieferen Ebene und so weiter. Am Ende sind Welt und Wirklichkeit zerlegt in unzählige kleine Bausteine, die – beim Erinnern – von Konvergenzzonen zu den gleichen Mustern zusammengeschaltet, „rekombiniert" werden.

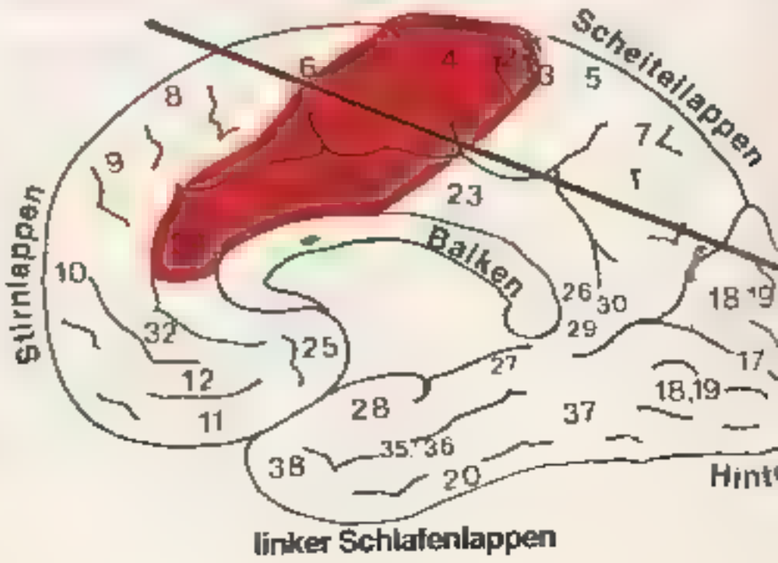
So setzen wir im Kopf nicht nur Sätze aus Wörtern, sondern auch Wörter aus kleineren Partikeln, den „Phonemen", zusammen: Statt „Wort" als ganzes abzuspeichern und aufzurufen, zerfällt es in „w", „(offenes) o", „(kurzes) r" und „t-Laut". Aus diesen kleinsten Einheiten, sozusagen Atomen der Sprache, entsteht wieder „Wort" als lückenloses Wort, wenn wir beim Sprechen das Wort für „Wort" suchen. Auf dieselben Phoneme greifen wir aber auch in völlig anderen Zusammenhängen zurück: Aus den letzten lassen sich – durch Einsatz von „m" und/oder „sch" – auch „Mord" oder „morsch" bilden, wenn es etwa um die Klassifizierung eines Verbrechens oder die Qualifizierung eines Holzgebildes geht.

Das wohlgeordnete Gefüge ineinander verschachtelter und aneinandergereihter Schaltzentralen entspricht einem komplexen Organisationsgeflecht in der Großhirnrinde, wo Antonio Damasio „Hierarchien des Wissen" ansiedelt: Der Zugriff auf konkrete Informationen von höherem hierarchischen Status erfordert demnach Strukturen vorn im Cortex, im vorderen Schläfenlappen, während solche von geringerem „Niveau" weiter hinten, im hinteren Hinterhauptslappen, vermittelt werden.

Das Geheimnis ist die Gleichzeitigkeit: Ähnlich wie die Sinne die unterschiedlichen Facetten, etwa eines „unvergeßlichen" Augenblicks, synchron durch eine Reihe von Kanälen – *feed-forward* – ins System hineinfüttern,



Patientin GO-995' **Neuropsychologischer Status**: mittelmäßig schwere Broca-Aphasie, verbunden mit erheblichen Schwierigkeiten bei der Sprecherzeugung, durchschnittliche intellektuelle Fähigkeiten **Neuroanatomischer Status**: Läsion im Broca-Sprachzentrum in der linken Hirnhälfte, durch einen Schlaganfall verursacht (Computer Tomogramm)



läßt sich später der Moment aus seinen Komponenten wieder zusammenkoppeln. Wir wittern einen Duft, und plötzlich befinden wir uns im Geiste wieder im Geschehnis, sehen Zimmer oder Landschaften, vernehmen Stimmen, Laute, Worte – durch „synchrone multiregionale Aktivierung“: Die Konvergenzzonen haben die Komposition der vielen Signale „gelernt“ und festgehalten. Nun können sie, angeregt durch das Wiederauftauchen nur eines einzigen Signals, in diesem Fall des Geruchs, die anderen aufrufen und verknüpfen – als ob ein Dirigent das Thema eines Stückes durch Summen anklingen läßt, den Taktstock hebt, die passenden Instrumente zum Einsatz bringt und damit einen unverwechselbaren Klang erzeugt.

So wie der Komponist das Klangbild in der Partitur verschlüsselt und jedem Instrument seinen Part zugewiesen hat, so wie das Orchester die Kreation des Autors aus Einzelstimmen wieder zusammensetzt, vorausgesetzt, die Musiker bleiben exakt im Takt, so „feuern“ die Nerven von innen – *feedback* – nach außen zurück. Die „Koinzidenz“ ihrer Aktivitäten erzeugt wiederum jenes komplette Muster aus „Erregungen“, das schon einmal da war – seinerzeit von außen, von der realen Welt erzeugt. Imagination ist somit Widerhall zerfetzter Wirklichkeit: Vor den inneren Sinnen – innerem Auge und Ohr – „erscheint“ das Vergangene wie gegenwärtig.

Neuronale Ensembles bringen die Wörter mit den Bildern zusammen

Die Dame, deren Fall unter Nummer 1612 erfaßt ist, weiß, was eine Schere ist und wie man damit arbeitet – aber nur, wenn sie eine sieht und in die Hand nimmt. Sich das Ding vorzustellen und mit „typischer Handbewegung“ zu verknupfen, also zu abstrahieren, ein alltägliches und fur viele Lebensaußerungen unabdingbares Vermögen, hat sie eingebüßt. Sie hat offensichtlich Probleme mit der Rekombination, weshalb sie zum Beispiel motorische, taktile und sprachliche Komponenten nicht mehr einander zuordnen kann.

Zur Vermittlung verbaler und nonverbaler Inhalte, etwa dem Namen einer Person und dem äußeren Erscheinungsbild, bedient das Hirn sich nach Damasios Ideen ebenfalls der Konvergenzzonen. Eins oder mehrere dieser Nervenaggregate, die zugleich Zugriff

... und sagte immer nur »Nein«

Patientin GO-995, eine 39jährige Rechtshänderin, erlitt im Februar 1985 einen Schlaganfall. Anfangs konnte sie ihre rechte Körperhälfte nicht bewegen und brachte als einziges Wort »Nein« hervor. Ihre Sprachstörung betraf vor allem die Produktion von Wörtern und Sätzen. Was andere sagten, konnte sie in der Regel verstehen – die Sprache war in ihrem Gehirn also noch »repräsentiert«. Allmählich lernte sie wieder »normal« zu sprechen. Sechs Wochen nach ihrem ersten erlitt sie einen zweiten Schlaganfall, der ihr rechtes Gesichtsfeld beeinträchtigte. Ohne die Hilfe von Mann und Sohn hätte sie sich, vermutet sie, nicht so weit erholt, daß sie wieder einigermaßen problemlos leben kann

auf das „Lexikon“ und das „Bildarchiv“ haben, selber aber weder Vokabeln noch Ablichtungen enthalten, ist oder sind demnach bei Versuchsperson FR-1465 unbrauchbar geworden.

Fünf Tage sind vergangen seit dem Abschiedshändedruck, als ich von einem Straßentelefon die Nummer wähle, die er mir gegeben hat. „Frank Ross spricht“, er klingt gefaßt und aufgeräumt. Ich sage meinen Namen und frage, ob denn die Einladung noch gelte. „Aber sicher, ich hole Sie ab, wenn Sie mir sagen, wo Sie sind.“

Obwohl der Vorgang des Erinnerns seinem Willen nicht gehorcht, obwohl ihm die Begegnung in der Klinik während der zurückliegenden fünf Tage „nicht in den Sinn“ gekommen ist, obwohl er keinen Zugang dorthin findet, wo mein Gesicht in seinem Hirn gespeichert ist, weiß er dennoch, wer ich bin: Offenbar habe ich ihm einen Trigger geliefert, einen äußeren Reiz, mit dem er sich den Weg in die Tiefen seiner selbst zu bahnen vermag. Mein Name war nicht weg, er war nur nicht präsent.

Als er aus seinem Auto steigt und auf mich zugeht, gerät er auf einmal ins Hüpfen wie ein Kind, er lacht und weint zugleich und ruft: „Ist das nicht wunderbar, ich habe Sie wiedererkannt! Ich hatte eine solche Angst vor diesem Augenblick. Aber Ihre Stirnwülste, die haben sich mir eingeprägt, und“ – er faßt sich an die Schläfe – „da sind sie geblieben.“

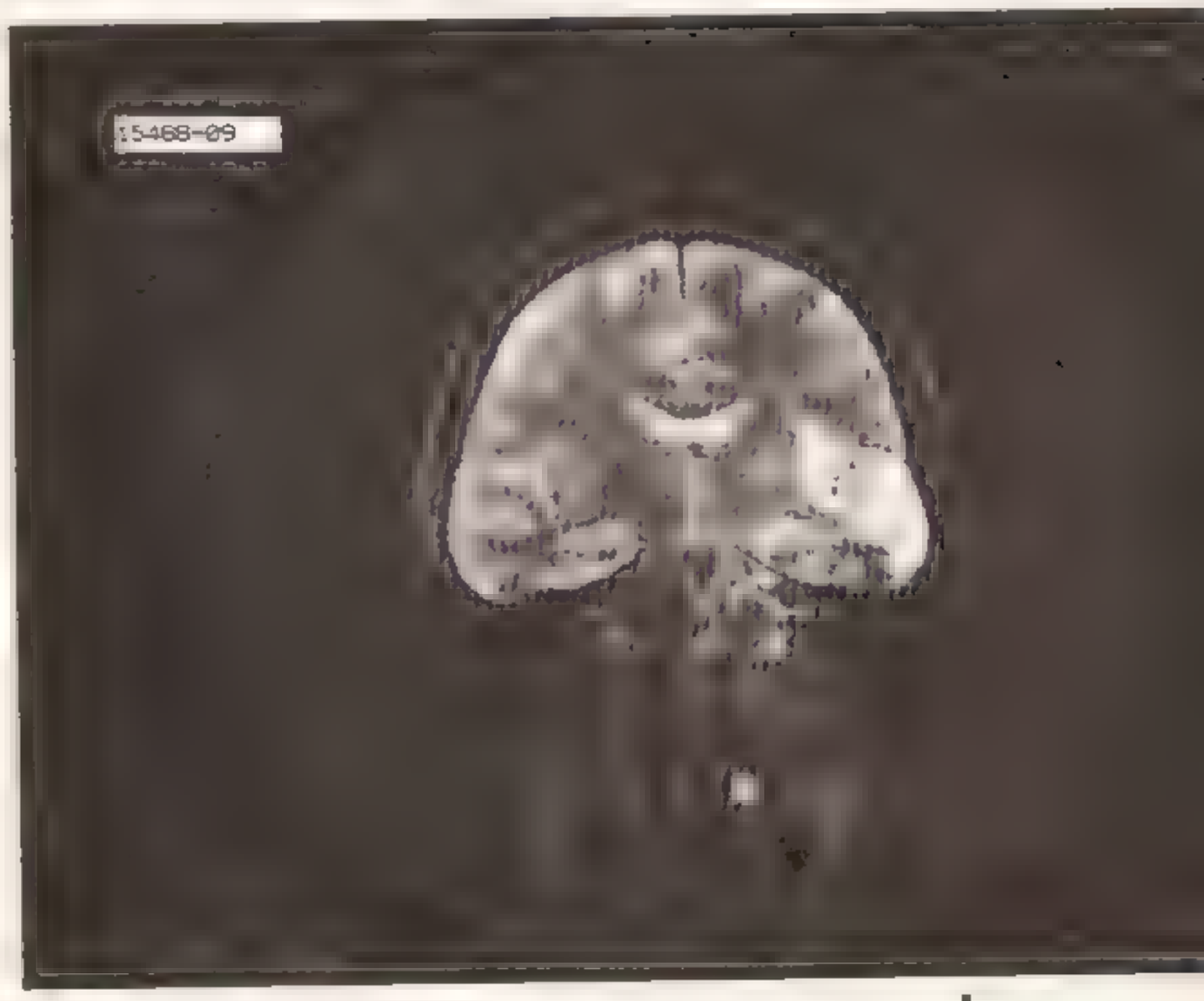
Aus Sicht des Therapeuten hat Frank Ross im Unglück Glück gehabt: Er *weiß* um seine Schwächen – anders als „Boswell“, Damasios berühmt gewordener Patient, ein Kronzeuge der Konvergenzzonen-Hypothese. Dessen Erinnerungsvermögen ist nach beidseitiger Zerstörung des Hippokampus sowie großer Teile des Schläfenlappens vollständig ausgeschaltet. An nichts aus der Vergangenheit kann er sich erinnern und nichts länger als 40 Sekunden im Gedächtnis halten – obwohl es „irgendwie“ noch da ist, wie Versuche belegen: Werden ihm Bilder von Personen vorgelegt, die er kennengelernt hat und doch „nicht kennt“, kann er noch sagen, ob er sie mochte oder nicht. Trotz dieser schwachen Echos des Erlebten treibt Boswell auf „Inseln des Augenblicks“ durch die Zeit und erkennt sich nicht einmal selber im Spiegel. Anders als dieses in einem Heim vegetierende und sich seines Zustands nicht bewußte Wesen kann Frank Ross aufgrund des Wissens um sein Nichtwissen nach praktikablen Wegen suchen, zumindest einen Teil der Hürden, wenn schon nicht zu nehmen, so doch zu umgehen.

Das hilft ihm ein halbwegs unauffälliges Leben zu führen. All die kleinen Krücken wie Notizzettel und Terminkalender, jene ausgelagerten Teile der Erinnerung, die auch Gesunde als Gedächtnisstützen nutzen, geben seinem Dasein einen gewissen Zusammenhalt. Mit Hilfe von Karte und Kompaß findet er sich in seinem Heimatbundesstaat Illinois und auch im Osten Iowas so gut zurecht, daß er im Auto jede Woche den für ihn immer wieder neuen Weg zur Klinik und zurück nach Hause findet.

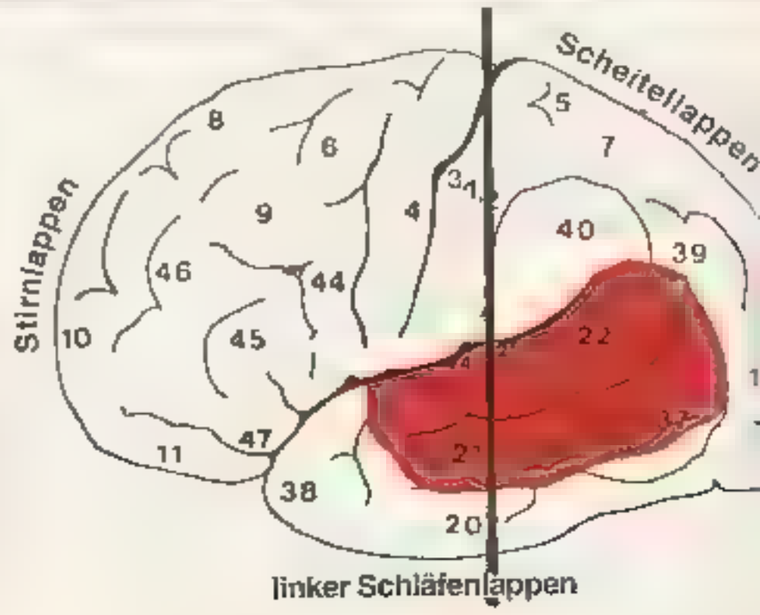
Doch in diesem Glück des Wissens liegt auch sein größtes Unglück, der Grund für Zaudern und Verzagen. Weil er weiß, was er nicht weiß, weil er sich der Einprägschwäche und der Bewußtlosigkeit bei der Assoziation von Visuellem und Verbalem bewußt ist und weil sein normales Denken tadellos funktioniert, gerät er ein ums andere Mal ins Grübeln und regelmäßig in Verzweiflung. Dann quält er sich im Geiste, den Bruch zu kitten zwischen Wort und Bild. „Ich weiß“, sagt er, „daß alles da ist. Nur weiß ich meist nicht, wie ich es wieder rausbekomme.“

»Ich fühle mich um meine Erlebnisse betrogen«

Als er es einmal nicht mehr aushielt, hat man ihn in die Psychiatrie gebracht. „Dort haben sie mich unter Medikamente gesetzt“, erzählt er, „und ich fühlte mich wie ein Zombie.“ Nach Abschluß der High-School hatte er, bevor er – aus familiären Gründen – Elektriker wurde, ein „troubleshooter“, der „jede Maschine reparieren konnte“, einige Semester Kunst studiert. Obwohl er als Maler gerne „Dinge erschaffen“



Patientin CJ-1036. **Neuropsychologischer Status** schwere Wernicke-Aphasie (-Sprachstörung) im Zusammenhang mit nte ekduellen Fah gke ten im oberen Durchschnitt und gut erhaltener kognitiver Le sturgsfähig keit außerhalb der Sprache **Neuroanatomischer Status** Läsion in der linken, oberen Schläfenlappen Windung (hinteres Feld 22) und in der unteren Parietalregion (Gyrus supramarginalis) info ge e nes Schlaganfalls (Magnetresonanz Tomogramm)



...rde, kann er seit seiner Infektion ... Wirklichkeit kopieren und ein ... korrigieren – denn „aus dem ... ist nichts mehr zu holen. In der ... zeichnete er die Gesichter sei... Mitinsassen und veränderte die ...ntszüge nach ihren Wünschen. Er ...liebt, begehrt – und sehr einsam. ...h bin ja kein Irrer", entrüstet er ... Er durfte heim, wo seine alten ...n bald in neuem Gram münde... Er leidet vor allem darunter, daß ...ht mehr wie früher Fernseher, ...schmaschinen oder Spannungsum...er reparieren kann: Wann immer ...n Gerät öffnet, ist er überrascht, ... im Innern vorfindet. Hat er sich ...voll mit Hi... eines Schaltplans ...e Funktion wieder halbwegs näher...acht und läßt die Arbeit nur ein ...ge liegen, muß er wieder ganz ...rn beginnen.

...Schlimmste aus der Zeit nach ...n Unfall jedoch, dessen er sich noch entsinnen kann, wohl weil seinerzeit soviel Gefühl beteiligt war: Als einmal einer seiner Söhne in der Tür gestanden und er ihn nicht erkannt hat. Er trug nur das Bild des Kindes in sich und konnte daraus nicht auf die Identität des Erwachsenen schließen. „Ich fühle mich betrogen", sagt er, „betrogen um meine eigenen Erlebnisse." Das Aufwachsen seiner Kinder, das Lernen, Reisen, die Krisenzeiten, Glücksmomente – „alles weg".

Und dennoch: Es stünde nicht so schlimm um ihn, wäre nur ein Teil des Erlebten ausgelöscht. „Das Gestern ist mir ja fast schon gleichgültig. Doch was wird nur morgen?" Daß er sich nicht erinnern kann, ist für ihn leichter zu ertragen als die Erkenntnis, daß er sich keine neuen Erinnerungen schaffen kann.

Welchen Sinn hat solch ein Leben außer, wie er sich tröstet, „der Wissenschaft zu helfen"? Wofür lebt der Mensch, wenn nicht auch für seine individuelle Biographie, jene innere Erzählung, die er sich ständig durch sein Dasein schafft und unbewußt verinnerlicht – um sich später zu er-innern? Wir Menschen sind wie Sammler von Momenten, und unser Kopf ist wie ein Kasten voller Souvenirs. Für das, was die menschliche Persönlichkeit ausmacht und erst recht für jenen Gipfel des Gefühls, den wir als Glück bezeichnen, reicht es längst nicht hin, sich seines Selbst bewußt zu sein, zu wissen, daß man „Ich" ist.

Das *Cogito ergo sum* René Descartes', des Vaters des modernen Rationalismus, kehrt sich bei armen Seelen wie Frank Ross gegen das Bewußtsein selbst: Vielleicht *ist* sein Leidensgenosse Boswell ja tatsächlich, weil er denkt. Doch ihm hat das Schicksal – durch die Gnade des Vergessens – das Sich-Bewußtmachen seiner Situation erspart. Leute wie Frank Ross hingegen könnten aus dem Irrewerden an sich selbst dem Irrationalismus ein Motto geben: *Cogito ergo despero* – ich denke, also verzweifle ich.

„Das Leben ist zu kurz", weint der kleine Mann voll Trotz, „ich will es leben." Es ballt sich eine zarte Faust, weil Frank Frank Frank sein lassen will, so wie er ihn von früher kennt.

Und dann erzählt er, was er meint, wenn er von Furcht und Horror spricht. Eines Morgens, als er sich im Spiegel sah, da wich er kurz vor seinem Bild zurück: Er war entsetzt, wie alt er über Nacht geworden war. Dann fiel ihm schmerzlich seine Lage ein: Er hatte sich an einem inneren Abbild seiner selbst gemessen, das mehr als zehn Jahre zurücklag.

Für einen Augenblick jedoch, für die kurze Spanne vom Erwachen und bis zum Blick ins eigene Antlitz, war ihm das Glück zuteil geworden, sein eigenes Vergessen zu vergessen. □

Manche ...kann sie ...erbrücken

Patientin CJ-1036, eine 71jährige Rechtshänderin, erlitt 1986 einen Schlaganfall, der Teile ihres Wernicke-Sprachzentrums zerstörte. Die reisefreudige und lebensfrohe Dame versucht aus ihrem Leben »das Beste zu machen«. Noch immer unternimmt sie Fernreisen, auch ohne ihren Mann. Sie spricht stockend, läßt sich aber dadurch nicht beirren: Entweder umschreibt sie Wörter, die ihr fehlen – als spräche sie eine Fremd- und nicht ihre Muttersprache –, oder sie läßt eine kurze Pause, eine Art Hinweis an ihre Gesprächspartner, daß sie einen Begriff nicht gefunden hat. Manchmal sucht sie so lange, bis ihr – womöglich durch Rückkopplung über das Gehör – die Korrektur gelingt: »It's not a good piano, but good work . . . wor . . . woo . . . wood«

Lynn Johnson, 39, von der New Yorker Foto-Agentur Black Star und GEO-Reporter **Dr. Jürgen Neffe**, 36, sind bereits ein bewährtes Team. In GEO-Wissen „Ärzte · Technik · Patienten" (Nr. 4/1991) berichteten sie über Brandopfer. Für diese Reportage wurde Neffe, Mitglied der Hamburger Autorengruppe „Signum", mit dem Kisch-Preis ausgezeichnet.

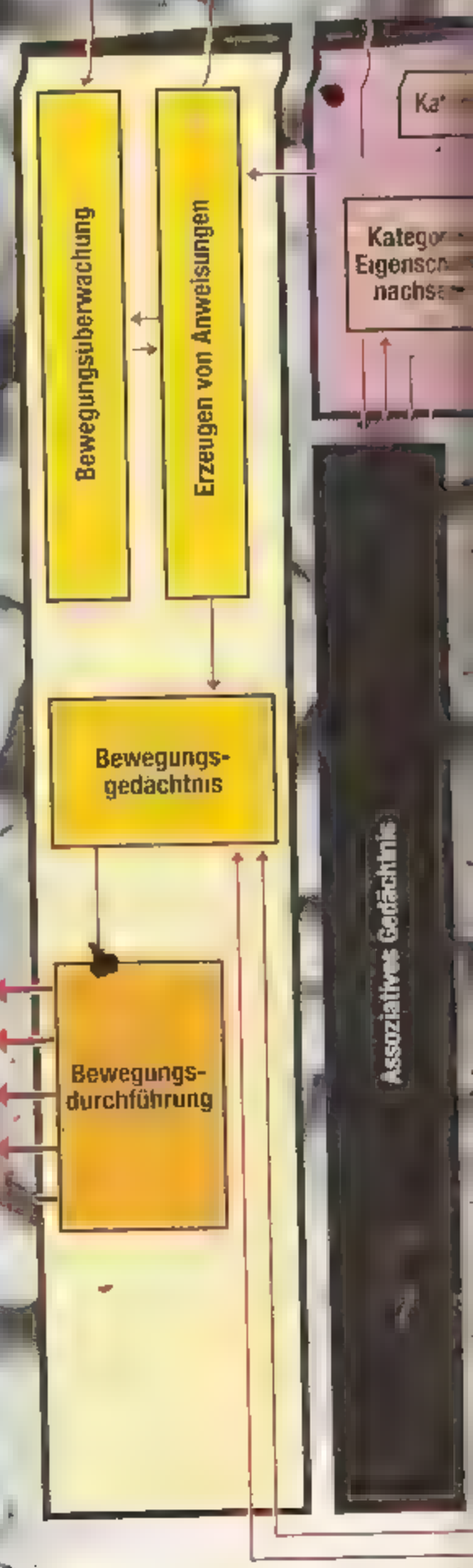
Bitte lesen Sie diese Überschrift nicht!

Denken Sie jetzt *nicht* an Marlene Dietrich und deren berühmt gewordenes Lied aus dem „Blauen Engel" („... ja, das ist meine Welt und sonst gar nichts"). Sehen Sie sich das Grobraster auf der nächsten Seite an, und versuchen Sie, die Frau auf dem Gemälde *nicht* wiederzuerkennen und *nicht* zu benennen. Unmöglich? Was ist das, was da in uns passiert?

Wir lesen den Namen der Diva und eine Zeile aus deren Song – und schon bemerken wir, daß uns so manches durch den Kopf geht. Egal, ob uns Name oder Zeile aus dem Lied nichts „sagen" oder ob wir die Dietrich tatsächlich vor uns sehen und singen hören: Im Gehirn – auch in dem, das diese Zeilen gerade „schreibt", bevor die Finger eine Tastatur bedienen – schaltet sich eine Reihe von Systemen und Untersystemen zusammen. Da wird wahrgenommen, verglichen und erkannt, wie im Fall der grobgerasterten Mona Lisa. Da wird abstrahiert, extrapoliert und assoziiert, buchstabiert, formuliert und artikuliert, geplant, entschieden und eingeprägt.

Eine äußerst grobe Vorstellung, wie solche Untersysteme im Gehirn zusammenarbeiten könnten, wie etwa Gedächtnis gebildet und benutzt wird, haben Stephen Kosslyn von der Harvard University und Olivier Koenig von der Universität Genf in ihrem kürzlich erschienenen Buch „Wet Mind" entwickelt (siehe Schemazeichnung und kleingedruckten Text). Ein wesentlicher Teil der Erkenntnisse stammt aus Computersimulationen in den [illegible] Netzwerken und aus Untersuchungen von Hirnverletzten. Deren Defizite bizarre Ausfälle geben Anlaß zu der Annahme, daß dieses oder jenes Untersystem spezifisch gestört ist, während das nächste noch einwandfrei arbeitet. Diese postulierten Funktionseinheiten sind zwar teilweise mit Hilfe moderner Medizintechnik im Gehirn grob lokalisierbar, lassen sich aber nicht als anatomisch unterschiedliche Zellverbände ausmachen.

Ob ein Mensch etwas sieht und was er sieht, hängt zuerst einmal davon ab, ob sein visuelles System stimuliert wird. Was auch immer der **visuelle Reiz** ist, reizbedingte **Aufmerksamkeitsverschiebung** lenkt den Blick auf das Objekt. Von der Netzhaut geht Information über den Sehnerv ins Gehirn und wird dort im **visuellen Puffer** für sehr kurze Zeit gespeichert. Das **Aufmerksam**



n Forscher mit einem noch sehr groben Modell zu erklären

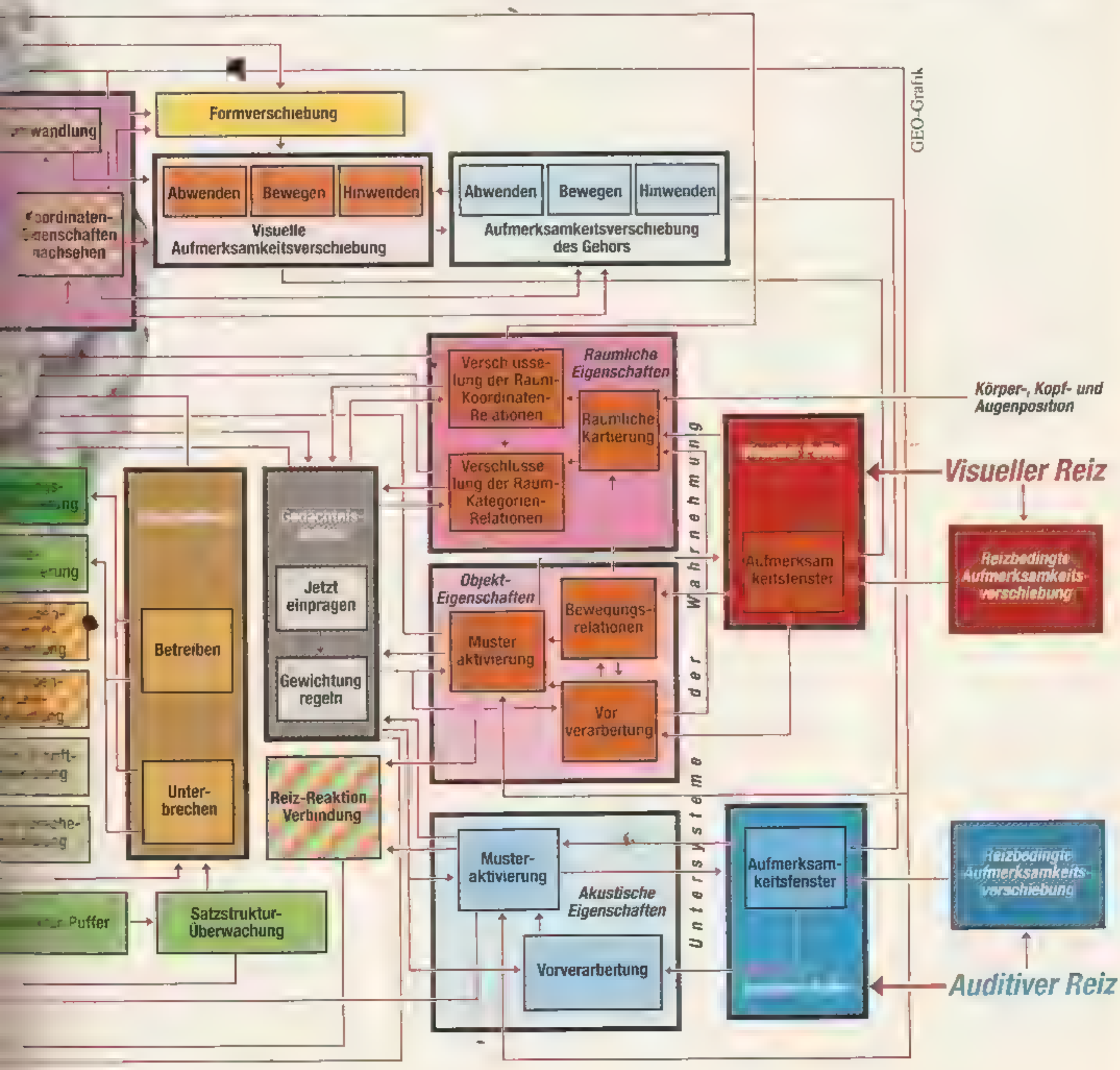
ertsfenster wählt einen Teil des Ganzen (was uns z. B. an einem Gesicht interessiert) für die Bearbeitung in zwei Untersystemen aus, die sich jeweils in drei weitere aufteilen: Wichtig sind zunächst einmal **Objekt-Eigenschaften**, also etwa Form und Farbe, sowie **räumliche Eigenschaften** wie Größe und Lage.

Wie wir ein Objekt sehen, hängt auch davon ab, in welcher Relation wir uns zu ihm befinden. **Körper-, Kopf- und Augenposition** sind entscheidend für die **räumliche Kartierung**. Lage, tatsächliche Größe sowie Orientierung werden aufgezeichnet, danach auch **Raum-Koordinaten-Relationen** (Wo im Raum ist das Objekt relativ zu uns? Sie helfen z. B. einen Papierkorb drei Meter halbrechts zu treffen), sowie **Raum-Kategorien-Relationen** (Etwa: Wo im Raum ist es relativ zu anderen Dingen: innerhalb, auf, neben?).

Bei der **Vorverarbeitung** der Objekt-Eigenschaften werden „nicht zufällige" Eigenschaften (vertraute, weil immer wiederkehrende wie parallele Ränder, Symmetrien usw.) und wahrnehmbare Einheiten (z. B. Regionen gleicher Farbe) extrahiert und auf dem Gesamtbild „markiert".

Parallel werden die **Bewegungsrelationen** – das sind Bewegungsmuster, so der Gang eines Tieres – analysiert.

Das markierte Bild mit den Bewegungsinformationen geht in die **Musteraktivierung**, wo sie mit gespeichertem Wissen verglichen werden. Untersysteme sowohl für Objekt- als auch für räumliche Eigenschaften können ihre Signale in das **assoziative Gedächtnis** schicken. Auch wenn



dort das Bild als solches nicht direkt gefunden wird, läßt sich etwa ein teilweise verdeckter oder aus ungewöhnlichem Winkel betrachteter Gegenstand erkennen: Untersysteme zum **Nachsehen der Kategorien-** und **Koordinaten-Eigenschaften** schalten sich nun ein, um im assoziativen Gedächtnis nach gespeicherten charakteristischen Eigenschaften zu „fahnden" (Beispiel für Kategorien: „befindet sich am Ende eines Stiels" – wenn wir etwa eine Schaufel erkennen wollen).

Eine gefundene Eigenschaft aktiviert direkt oder über die **Kategorien-in-Koordinaten-Umwandlung** die **visuelle Aufmerksamkeitsverschiebung** Erkenntnisse aus unterschiedlichen Hirnverletzungen legen drei Untersysteme nahe: für das **Abwenden** der Aufmerksamkeit von einem Punkt, für deren **Bewegen** zu einem anderen sowie für deren **Hinwenden** – dem „Aufmerksamkeit schenken".
Mit der visuellen Aufmerksamkeitsverschiebung arbeitet das überaus wichtige Untersystem der **Formverschiebung** eng zusammen. Für Vorstellungen – Imaginationen – müssen mitunter bekannte Teile neu kombiniert oder aber deren Form, Lage und Größe verändert werden. Die optische Repräsentation im visuellen Puffer ändert sich, wenn wir etwa Gegenstände „im Geiste" drehen.
Auf ganz ähnlichen Bahnen verläuft Wahrnehmung durch das Gehör. Empfängt das Gehirn – via Ohr und Hörnerv – einen **auditiven Reiz**, wenden wir uns in einer **reizbedingten Aufmerksamkeitsverschiebung** dem Geräusch zu. **Auditiver Puffer** und **Aufmerksamkeitsfenster** arbeiten ähnlich wie beim Sehen. Die **akustischen Eigenschaften** werden nach der **Vorverarbeitung** und **Musteraktivierung** bei Bedarf ins assoziative Gedächtnis geschickt, um den auditiven Reiz mit Speicherinhalten zu vergleichen.
Bei den akustischen Eigenschaften scheint es keine Untersysteme für Kategorien und Koordinaten zu geben, doch die **Aufmerksamkeitsverschiebung des Gehörs** mit **Abwenden**, **Bewegen** und **Hinwenden** gleicht der des Gesichtssinnes: Auditive wie visuelle Informationen durchlaufen das System einmal, wenn der Reiz gleich „erkannt" wird, oder sie durchlaufen mehrere Zyklen – das Gehirn bildet Hypothesen, testet sie und verwirft sie, bis es einen geeigneten Kandidaten fürs Erkennen eines Wortes, einer Melodie oder eines Gesichtes gefunden hat (oder aber aufgibt). Bis dann die Hand den Namen des erkannten Menschen schreiben oder der Mund ihn aussprechen kann – oder ob dieser sich ins Gedächtnis einprägt oder nicht –, hängt von einer Reihe weiterer Untersysteme ab.
Beim Lesen arbeiten wie beim Erkennen von Gesichtern oder Gegenständen – Buchstaben und Wörter sind ja Objekte! – assoziatives Gedächtnis, Musteraktivierung und visueller Puffer sowie die dazugehörigen Untersysteme zusammen. Vermutlich hat sich das menschliche Gehirn im Lauf der Evolution nicht zur Entzifferung von Geschriebenem entwickelt, sondern benutzt dazu Untersysteme, die schon vor Erfindung der Schrift existierten. Da wir auch unbekannte Wörter korrekt lesen und aussprechen können, muß es eine direkte **Buchstaben-in-Laut-Umwandlung** geben, mit deren Hilfe gedruckte Symbole (Grapheme) in Sprach-Laute (Phoneme) umgewandelt werden können, ohne daß das Wort schon gespeichert wäre.
In Analogie dazu arbeitet ein anderes Untersystem. Wenn etwa ein unbekanntes, fremd klingendes Wort in der auditiven Vorverarbeitung nicht entschlüsselt wird und in der Musteraktivierung keiner „mentalen Repräsentation" (siehe Glossar) entspricht, geht statt des Wortes eine Reihe von Laut-Einheiten ins assoziative Gedächtnis. Die **Laut-in-Sprache-Umwandlung** kann dann helfen, ein unbekanntes Wort zu wiederholen, obwohl es nicht im Gedächtnis ist.

Da wird wahrgenommen und verglichen, bis die grobgerasterte Dame erkannt ist

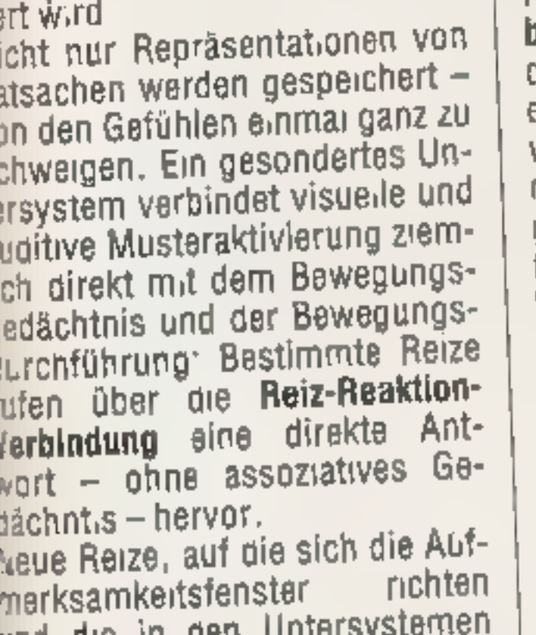
Da Sprache aus Reihen von Wörtern – Sätzen – besteht, in denen auch die grammatische Struktur sowie die Bedeutung der Wörter und deren Verbindungen (Semantik) steckt, reicht es nicht aus, Wort für Wort zu verstehen, um einen Satz zu begreifen. Der **Satzstruktur-Puffer** ist ein spezielles Kurzzeit-Gedächtnis, das den gesamten Satz vorstrukturiert, bevor er als Bedeutungseinheit verstanden wird. Auf ähnliche Weise arbeitet die **Satzstruktur-Überwachung**. Dieses Untersystem überwacht beim **Sprechen** grammatische Struktur, Semantik und Sprachmelodie, nachdem die – vermutlich sehr komplexe – **Satzprogrammierung** die mentale Repräsentation von Wörtern und Konzepten aktiviert hat.

Zwischen Satzkonstruktion und Aussprache des Satzes liegen höchst komplizierte Abläufe. Für die exakte **Bewegungsdurchführung** – beim Sprechen und beim **mündlichen Buchstabieren** also die Koordinierung der Muskelbewegungen von Zunge, Lippe, Kiefer usw. – sorgt ein Untersystem, das seine Informationen aus dem **Bewegungsgedächtnis** bezieht. Orchestriert wird das Ganze von einem Untersyste für das **Erzeugen von Anweisungen**, das wiederum die Codes f das Sprechen vom System zu Nachsehen der Koordinaten-E genschaften erhält. Sprachlau sind demnach im assoziative Gedächtnis als Pakete separat Kombinationen von Koordinate repräsentiert.
Auch **Schreiben** bzw. **schriftliches Buchstabieren** erfordert feinste Bewegungsabläufe. E funktioniert wie andere sehr ve traute Bewegungen, allerdings sorgt ein gesondertes Untersystem für die **Buchstaben-in-Schrift-Umwandlung**. Diese Einheit greift auf zwei Arten schon verknüpfter Erinnerungen im assoziativen Gedächtnis zurück: auf Assoziationen zwischen den mentalen Repräsentationen eines Wortes und seiner Buchstaben sowie zwischen den Buchstaben und deren Spezifikationen und Zielkoordinaten. Das Untersystem zum Erzeugen von Anweisungen in Zusammenarbeit mit der **Bewegungsprogrammierung** „führt", unter Berücksichtigung von Hand- und Armposition, dem Schreibenden „die Hand" – im Wechsel- und Zusammenspiel mit der gesonderten **Bewegungsüberwachung**.
Dank der **Laut-in-Schrift-Umwandlung** können wir auch erstmals gehörte, noch nicht im Gedächtnis abgelegte Wörter schreiben.
Der **Gedächtnisaufbau*** schafft Erinnerungen, die wir später zurückrufen oder mit Unbekanntem vergleichen können. Er unterscheidet unter anderem, ob Wahrgenommenes „perzeptiv" –

etwa als Farbe, Form, Textur, Lage oder Klang – in den **Untersystemen der Wahrnehmung** oder ob es „propositional" im assoziativen Gedächtnis repräsentiert wird.

Nicht nur Repräsentationen von Tatsachen werden gespeichert – von den Gefühlen einmal ganz zu schweigen. Ein gesondertes Untersystem verbindet visuelle und auditive Musteraktivierung ziemlich direkt mit dem Bewegungsgedächtnis und der Bewegungsdurchführung. Bestimmte Reize rufen über die **Reiz-Reaktion-Verbindung** eine direkte Antwort – ohne assoziatives Gedächtnis – hervor.

Neue Reize, auf die sich die Aufmerksamkeitsfenster richten und die in den Untersystemen der Wahrnehmung registriert werden, kann das Gehirn speichern. Damit wir uns aber wichtige Informationen besonders

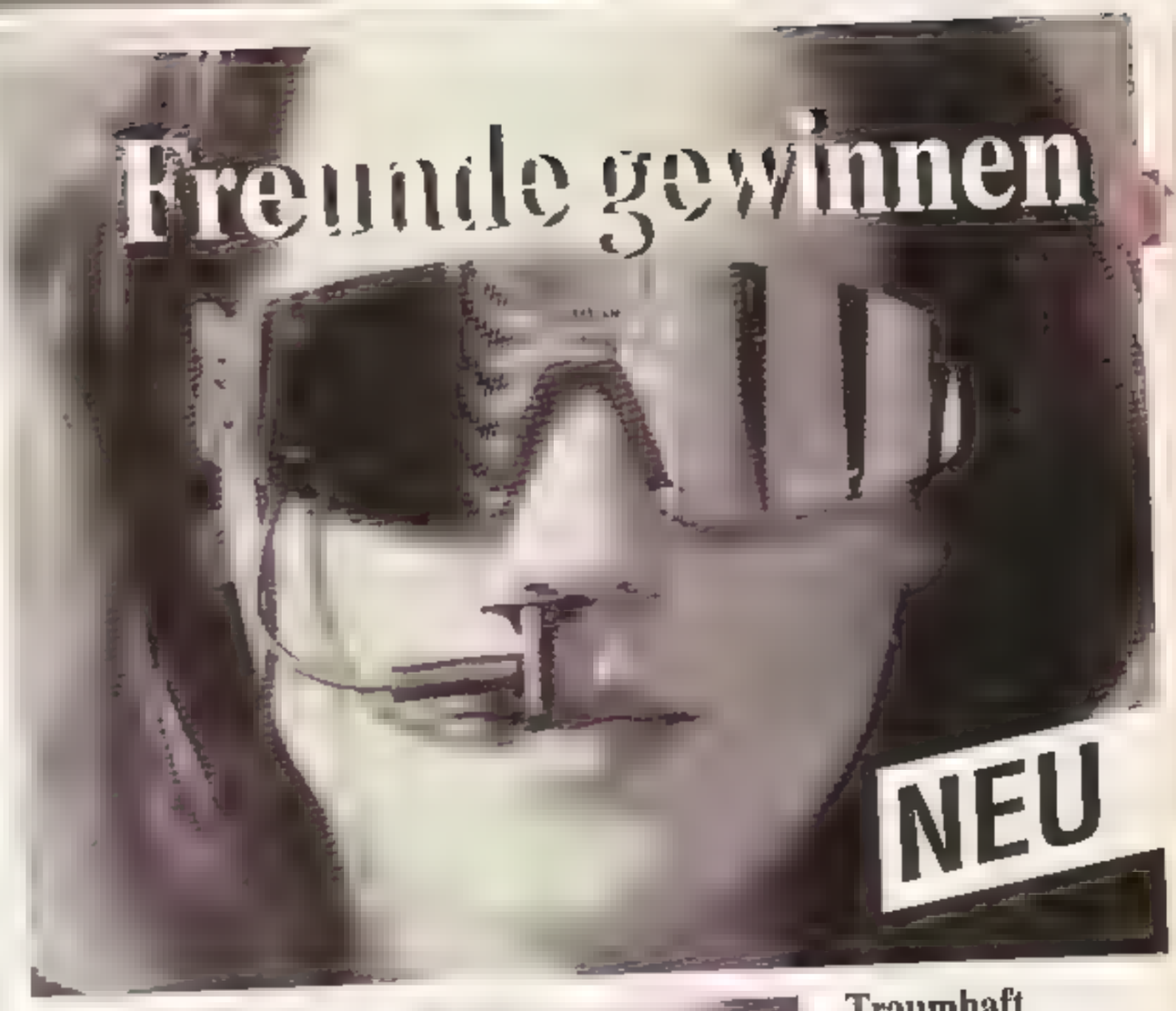


„einprägen", muß eine **Entscheidung** darüber gefällt werden. Das betreffende Untersystem steht mit dem assoziativen Gedächtnis in Verbindung, wo ja Konzepte wie „Wichtigkeit" erkannt werden, und schickt „Befehle" an den Gedächtnisaufbau, um sowohl Inhalte als auch Assoziationen zwischen Erinnerungen abzuspeichern.

Wenn ein einfacher Reiz neu ist und deshalb keine früher gespeicherte mentale Repräsentation in der Musteraktivierung auslöst, kann eine neue Repräsentation so gespeichert werden. Das Untersystem **Jetzt einprägen** erhält die entsprechenden Signale und sendet sie weiter an das Untersystem **Gewichtung regeln**. Dieses bewirkt seinerseits, daß sich die Verbindungsstärken in den entsprechenden Untersystemen für Musteraktivierung verfestigen, so daß die Repräsentation des Reizes gespeichert wird. All dies hängt davon ab, ob im Entscheidungs-Untersystem die Funktionen **Betreiben** oder **Unterbrechen** aktiviert sind. Aufgabe des Untersystems Betreiben ist es, zunächst die am meisten aktivierten mentalen Repräsentationen auszuwählen und dann die geeignetsten Operationen auszuführen. Oft muß dafür ein gerade laufendes Projekt durch Unterbrechen beendet werden. Das Entscheidungs-Untersystem ist freilich ebenfalls wesentlich für den Betrieb der Bewegungsprogrammierung, welche ja auch für die Koordinierung **anderer Bewegungsabläufe** wie etwa Tanzen oder Malen zuständig ist.

Mit dieser Grobeinteilung in Untersysteme, die noch sehr viel weiter aufgesplittet werden können, lassen sich die drei Formen des Gedächtnisses laut Kosslyn und Koenig einigermaßen gut verstehen.

- Das Kurzzeit-Gedächtnis bedient sich der visuellen und auditiven Puffer sowie entsprechender Strukturen anderer Wahrnehmungskanäle. Eine Repräsentation im Kurzzeit-Gedächtnis ist danach das gleiche wie eine Vorstellung. Als spezielles Kurzzeit-Gedächtnis dient der Satzstruktur-Puffer.
- Das Langzeit-Gedächtnis besteht aus drei Untereinheiten: „Unimodale" Repäsentationen wie Größe oder Farbe sind in den Musteraktivierungs-Untersystemen gespeichert, Bewegungssequenzen im Bewegungsgedächtnis und „amodale" Repräsentationen – etwa Verhältnisse, Verbindungen oder Ähnlichkeiten – im assoziativen Gedächtnis
- Das Arbeits-Gedächtnis unterstützt solche komplexen mentalen Prozesse wie Nachdenken und Urteilen. Diese Prozesse können direkt nur mit Inhalten des Kurzzeit-Gedächtnisses operieren, das jedoch über relativ geringe Speicherkapazitäten verfügt. Bestimmte Entscheidungsprozesse aktivieren deshalb ausgewählte Informationen des Langzeit-Gedächtnisses, die sie ins Kurzzeit-Gedächtnis und zurück „schaufeln" – je nachdem, wie die Informationen gerade gebraucht werden. Das Arbeits-Gedächtnis entspricht demnach der Summe aus aktivierten Langzeit-Gedächtnis-Inhalten, den Informationen im Kurzzeit-Gedächtnis und den erwähnten Entscheidungsprozessen. □



Sprachen können

In Zukunft wird Ihr privater und beruflicher Erfolg immer mehr von Ihren Sprachfähigkeiten abhängen. Gewinnen Sie Freunde im vereinten Europa 1992 und darüber hinaus.

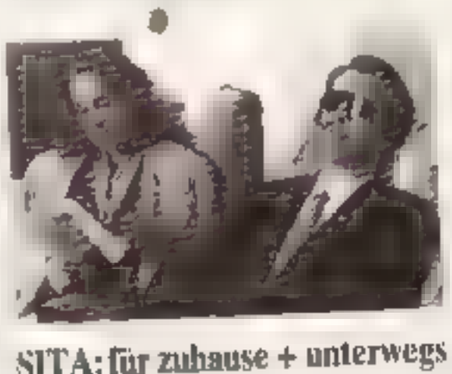
Angenehm

Erlernen Sie Ihre Wunschsprache im Zustand tiefer Gelöstheit. Denn dann ist Ihr Gehirn um ein Vielfaches aufnahmebereiter. Das ist wissenschaftlich erwiesen. Das SITA LEARNING SYSTEM hilft Ihnen, sich wohlig zu entspannen. Ein Mikroprozessor überwacht Ihre Atmung. Wenn Sie ruhig und entspannt atmen wird automatisch die Sprachlektion von der SITA Kassette eingespielt.

Zeit & Geld sparen

Mit SITA lernen Sie wann und wo Sie gerade wollen. Zuhause oder unterwegs. Die SITA Methode ist preiswert und höchst effektiv.

SITA LEARNING SYSTEM



SITA: für zuhause + unterwegs
(Batterie- und Netzbetrieb)

Traumhaft

Schnell und leicht kann das Unterbewußtsein den Lernstoff aufnehmen und im Langzeitgedächtnis abspeichern.

Der Beweis

Viele wissenschaftliche Untersuchungen bestätigen die große Wirksamkeit. Prof. F. Decker: „Ich habe es bei meinen Studenten und in der Erwachsenenbildung erprobt und komme zu dem Ergebnis: Das Sita Lern-System eignet sich hervorragend, effektiv Sprachen zu lernen." Über 60.000 Anwender sind bereits überzeugt.

Garantie

Sie erhalten 12 Monate Garantie auf ein deutsches Qualitätsprodukt. Einfach ausprobieren mit 14 Tagen Rückgaberecht. Bestellen Sie gleich heute noch mit dem Coupon oder per Telefon Ihr SITA LEARNING SYSTEM und Sprachkurs(e).

Wir sind 24 Std. für Sie da.
Telefon: 04101/6 10 55
Fax: 04101/6 10 53

SITA
...erfolgreicher durch Wissen

Schweiz: CH-6370 Stans Tel: 04161-7576 Fax: 04161-2219 Österr.: A-4114 Neuhaus Tel: 07232-30650 - Fax: 07232-2151

Prüfen Sie SITA LEARNING volle 14 Tage unverbindlich zuhause.
Einfach ausschneiden und einsenden!
SITA garantiert Rückgaberecht innerhalb von 14 Tagen (Absendung genügt). Wenn ich nach der Prüfung von SITA LEARNING überzeugt bin, begleiche ich die Rechnung. Sonst schicke ich das, was ich nicht behalten möchte, zurück.

JA, schicken Sie mir: (bitte ankreuzen)

SITA LEARNING SYSTEM
☐ Steuergerät, Lernmaske, Kopfhörer, Infokassette, Reisebox **DM 798,00**

und dazu den Sprachkurs DM 248,00
(5 Kassetten mit 10 Lektionen und Begleitbuch)

☐ Englisch ☐ Spanisch
☐ Französisch ☐ Italienisch
☐ Einsteiger ☐ Fortgeschr.
☐ Bitte kostenlos weitere Informationen

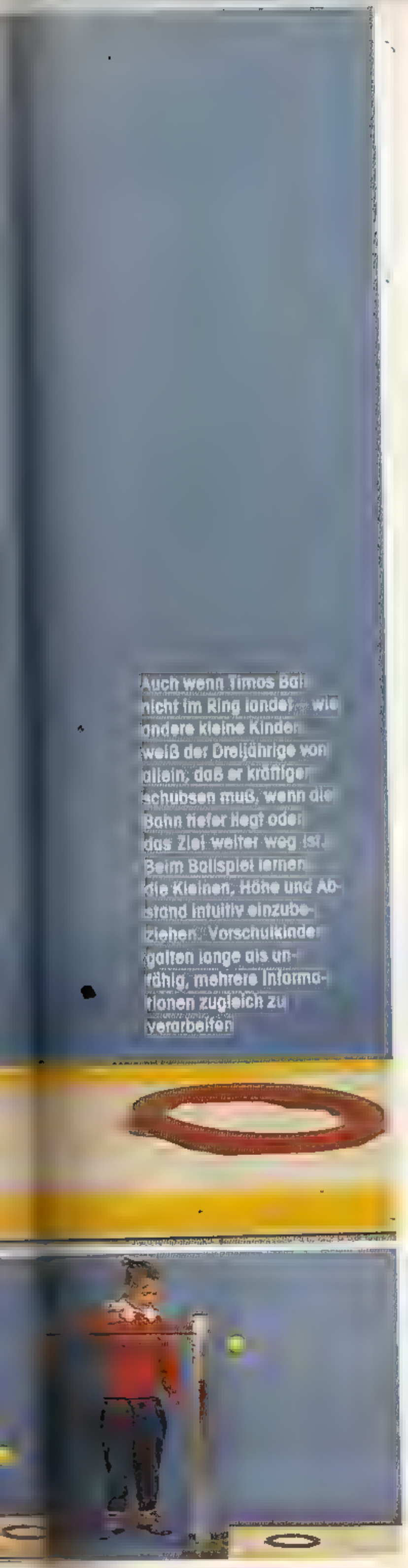
Name Ort
Straße Tel. Unterschrift Alter

Coupon bitte an: SITA, Ameisfelder 38, D-2080 Pinneberg

WISSEN IST EIN KINDERSPIEL

Wie Kinder ihre Welt begreifen, versuchen Forscher im Frankfurter Institut für Psychologie herauszufinden. Mit jedem Spiel, das zugleich ein Experiment ist, zeichnet sich ab, daß schon die Denkprozesse von kleinen Kindern wesentlich vielschichtiger sind, als Entwicklungspsychologen sich das noch vor kurzem dachten

VON FRANZ MECHSNER · FOTOS: SUSANNE FEYLL



Dem dreijährigen Timo scheint nicht recht geheuer zu sein, was hier im Versuchsraum des Frankfurter Instituts für Psychologie mit ihm gespielt werden soll. Als ihn der junge Universitätsmitarbeiter Edgar Fieberg in die Nähe eines seltsamen Ballwurfgerätes locken will, bleibt der Steppke mißtrauisch. Immer wieder schiebt Fieberg – „Guck mal her, Timo" – einen leuchtendgelben Tennisball schwungvoll auf eine flache, in der Höhe verstellbare Bahn. Der Ball schießt über die Kante hinaus, fällt in einem eleganten Bogen nach unten und landet schließlich in einem länglichen Sandkasten, wo als Ziel ein roter Ring liegt.

„Na, Timo, willst du das nicht auch mal probieren?" Endlich will der Kleine und schubst den Ball zögernd von der Bahn. Fast getroffen! Edgar Fieberg verändert die Höhe der Bahn und den Abstand des Holzringes von ihr. Diesmal trifft Timo zwar weit daneben, doch das dämpft nicht sein wachsendes Vergnügen an dem Spiel. Selten trifft er genau, meist aber so ungefähr. Mit Feuereifer ist er bei der Sache, kann es kaum erwarten, daß Fieberg vor jedem Wurf Bahnhöhe und Zielabstand variiert, will nur wieder und wieder werfen.

„Wenn man bedenkt, wie kompliziert Bälle fliegen, dann kann man eigentlich nur über das Geschick und das Koordinationsvermögen staunen, das schon dreijährige Kinder bei dieser Aufgabe beweisen", sagt Fieberg, nachdem er Timo in den Vorraum zu dessen Mutter zurückgebracht hat. Und Friedrich Wilkening, der jungenhaft wirkende 45jährige Leiter der Arbeitsgruppe, ergänzt: „Intuitiv wissen Kinder heute besser über die Flugbahn geworfener Gegenstände Bescheid als die genialsten Physiker vor Galilei."

Doch wie lassen sich solche und andere Fähigkeiten von Kindern beschreiben? Wie verändern sie sich? Wie entsteht innerhalb weniger Jahre aus einem winzigen Zellklumpen ein intelligentes Wesen, das weit mehr vermag, als einen Ball ins Ziel zu kicken?

Wilkenings Abteilung, bis vor kurzem untergebracht in einer alten Villa mit Blick auf die Wolkenkratzer der Frankfurter City, erforscht diese Fragen nicht nur am Beispiel des Wissens über Flugbahnen: Wie Kinder im Lauf ihrer Entwicklung immer kompliziertere Detektivgeschichten begreifen; wie sie nach und nach verstehen, weshalb sich eine Balkenwaage mal nach rechts, mal nach links neigt; wie sie erkennen, weshalb manche Körper schwimmen und andere nicht – die Palette der Themen ist vielfältig. Darüber hinaus wollen die Forscher wissen, ob Kinder all diese Probleme eher „ganzheitlich" wahrnehmen oder „analytisch" lösen.

Die dabei Schritt für Schritt erarbeiteten Ideen stellen die traditionellen Erklärungen der kognitiven – „die Erkenntnis betreffenden" – Entwicklung zusehends in Frage. „Das Innenleben von Kindern", sagt Wilkening, „ist wesentlich reicher und vielschichtiger, entfaltet sich auch auf weit komplexere Weise, als Entwicklungspsychologen noch vor kurzem dachten." Denn vor allem in den sechziger und

siebziger Jahren galt vielen Psychologen und Pädagogen die Theorie des Genfer Forschers Jean Piaget als endgültige Antwort auf die Frage, wie die Intelligenz von Kindern reift.

Was Sigmund Freud für die Psychoanalytiker, das ist Jean Piaget (1896 bis 1980) für die Entwicklungspsychologen: der Übervater, auf den sich alles bezieht, der bei allen Diskussionen indirekt dabei ist. Zwar verdankt Wilkening seine wissenschaftliche Reputation einer Attacke auf zentrale Punkte von Piagets Theorie. Doch alle Kritik läßt ihn nicht vergessen, wieviel seine Zunft dem Meister verdankt: „Im Laufe von über sechzig Jahren Forschungstätigkeit hat Piaget die meisten auch heute noch wichtigen Fragen formuliert. Und nur wenige unserer Experimente sind nicht von seinen Versuchsanordnungen inspiriert."

Piaget glaubte nach zahllosen Beobachtungen an Kindern und Jugendlichen festgestellt zu haben, daß die kognitive Entwicklung in Stufen verläuft, die systematisch aufeinander folgen. Jede dieser Stufen sei durch typische Fähigkeiten und Denkfehler charakterisiert. So behauptete er etwa, daß Kindern bis zum Alter von etwa sechs Jahren eine der wichtigsten Voraussetzungen für vollentwickeltes Denken fehle: In der „voroperationalen" Phase seien sie prinzipiell unfähig, bei ihren Urteilen über die Welt mehrere Informationen gleichzeitig zu berücksichtigen und sinnvoll zu kombinieren.

Ist mehr Wasser im schmaleren Gefäß?

In einem seiner bekanntesten Versuche etwa schüttete er vor den Augen von Vorschulkindern Wasser von einem breiten in ein schmales Gefäß um. „Es ist mehr", antworteten dann die meisten der kleinen Probanden auf seine Frage, ob sich das Wasser vermehrt oder vermindert habe. Piaget zufolge deshalb, weil Kinder bei ihrem Urteil auf die Höhe des Wasserspiegels „zentrieren": Sie beachten bei der Entscheidung nur diese eine Größe und vernachlässigen dabei Breite und Tiefe des Behälters.

Auch in den moralischen Urteilen der Kleinen mache sich das Denk-Handicap bemerkbar: Ein Junge wollte seine Mutter ärgern – erzählte Piaget seinen kleinen Versuchspersonen – und warf deshalb eine Tasse kaputt. Ein anderer dagegen wollte ihr beim Abwaschen helfen und zerbrach dabei zehn Tassen. Welcher der beiden habe das größere Unrecht getan? Fast alle Kinder fanden den hilfsbereiten Jungen verdammenswürdiger, weil er mehr Tassen zerbrochen habe. Erst Kinder über sieben Jahre bezogen sowohl die Zahl der zerstörten Tassen als auch das Motiv des Jungen in ihre Entscheidung ein.

Die Defizite der voroperationalen Phase sind Piaget zufolge auch durch Unterricht nicht behebbar – weil Vorschulkinder nicht nur unfähig seien, Informationen zu kombinieren, sondern oft auch noch auf unwesentliche Details zentrierten: So sei es vergebliche Liebesmüh, einem Kind das Rechnen beibringen zu wollen, solange es glaubt, Bonbons in einer Reihe vermehrten sich, bloß weil jemand die Abstände zwischen ihnen vergrößert und so die Kette verlängert.

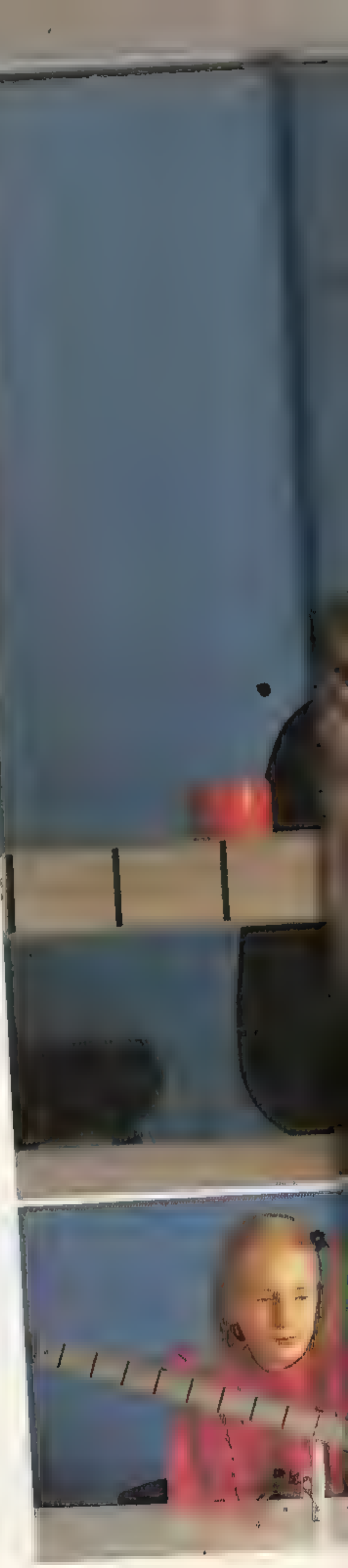
Die ersten Arbeiten aber, mit denen Wilkening vor über zehn Jahren Furore machte, stellten exakt Piagets zentrale Annahme in Frage. Er fand eine andere Erklärung für all die Fehlurteile, die Piaget zufolge beweisen, daß die Kinder nur eine einzige Information beachten. Sie könnten nämlich auch zustande kommen, widersprach der Frankfurter Psychologe, weil Kinder zwar mehrere Faktoren systematisch kombinieren, dabei aber fehlerhafte Regeln anwenden.

Wenn Vorschulkinder zum Beispiel ein hohes Rechteck von ein mal neun Zentimeter für größer einschätzten als eines von drei mal drei Zentimeter, dann müsse das keineswegs bedeuten, daß sie dabei zentrieren: „Der gleiche kindliche Irrtum würde auch zustande kommen, wenn die Kleinen die Rechteckseiten addieren, statt sie zu multiplizieren: Auch dann würden sie dem schmalen Rechteck die größere Fläche zusprechen!"

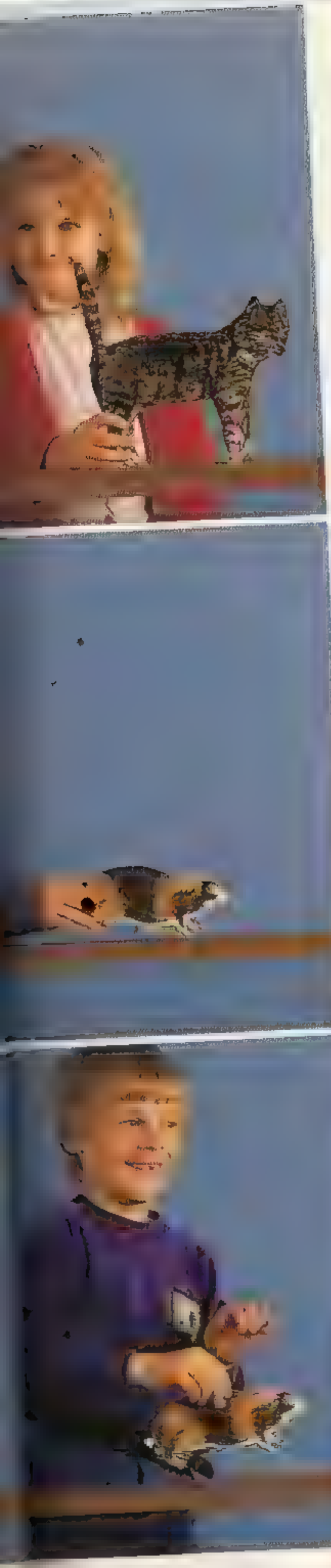
Den Beweis für seine ketzerische Behauptung lieferte Wilkening, damals noch ein Nachwuchsforscher von 32 Jahren, mit einem Experiment, das seine Zunft verblüffte. Dabei zeigte er seiner kleinen Versuchsperson ein Rechteck und fragte: „Wie glücklich wäre wohl ein hungriges Kind, ein Pizzastück dieser Größe zu bekommen?" Das befragte Kind schätzte die Größe dann auf der „Smily-Skala": links ein trauriges Gesicht mit heruntergezogenen Mundwinkeln für ein ganz kleines Stück, rechts ein glücklich-lachendes für eine ganz große Pizza.

Nachdem er diese spielerische Messung mit verschiedenen Rechtecken viele Male wiederholt hatte, besaß Wilkening nicht nur viel mehr Schätzungen pro Kind als Piaget, sondern auch aussagekräftigere Daten. Der Schweizer Psychologe hatte von jedem Kind nur ein einziges relatives Vergleichsurteil benutzt: Ist das größer oder kleiner? Wilkening erhielt absolute Schätzungen: Wie groß ist das?

Nach einer mathematischen Analyse, deren Methode auf den amerikanischen Psychologen Norman Anderson zurückgeht, fand er zwar durchaus auch Kinder, die nur auf Höhe oder Breite achteten, doch die Regel war das keineswegs. Statt dessen urteilten viele Vorschulkinder intuitiv so, als ob sie tatsächlich Höhe und Breite addiert hätten – ohne daß ihnen die-



Kindliches Urteil auf der Kippe



Mit Hund und Katz zu Weg und Zeit

Solange der Hund bellt, laufen Schildkröte, Meerschweinchen und Katze weg, so schnell sie jeweils können – erzählen die Forscher ihren kleinen Versuchspersonen. Anschließend schätzen die Kinder, wie weit die Flüchtlinge während des jeweiligen Gebells gekommen sind. Auch wenn sie dabei typische Fehler machen – das Experiment zeigt, daß sich das Zeitverständnis des Menschen früher entwickelt als bisher angenommen

se Verknüpfung bewußt war. Wilkenings Konsequenz aus diesen und vielen weiteren Versuchen war ein Paukenschlag für die Entwicklungspsychologie: Piagets Folgerung, daß jüngere Kinder prinzipiell unfähig sind, mehrere Informationen zu verknüpfen, ist wahrscheinlich falsch und damit auch die Vorstellung von voroperationalen und sonstigen Phasen.

Einmal auf die Spur gebracht, gelang es Wilkening auch, Piagets berühmtes Modell der Entwicklung des Zeitbegriffs zu erschüttern. Nach den Untersuchungen des Genfer Psychologen schaffen es zum Beispiel Kinder bis zum Alter von zwölf Jahren nicht, die Zeit abzuschätzen, die etwa eine Spielzeuglokomotive für eine festgelegte Strecke braucht. Als Grund vermutete Piaget, Kinder müßten die richtige Vorstellung, was Zeit sei, im Laufe ihrer Entwicklung indirekt aus ihrem Wissen über Geschwindigkeit und dabei zurückgelegte Strecken ableiten. Aus seinen Versuchen glaubte er folgern zu können, daß die Zeit – im Gegensatz zur Beschreibung im Physikunterricht – eine zusammengesetzte Größe sei; die kindliche Schwierigkeit, sie zu erfassen, sei daher einfach Folge der Schwierigkeiten, mehrere Dimensionen zu verknüpfen.

„Ich glaube nicht", kritisiert Wilkening diese Beweisführung, „daß Piagets Experimente mit den Spielzeuglokomotiven besonders viel darüber verraten, was Kinder über Zeit wissen. Sie waren sehr verwirrend und wahrscheinlich für die kleinen Probanden gar nicht recht durchschaubar." Wilkening erdachte daher einen anderen Versuchsaufbau: Auf einem etwa drei Meter langen Steg steht links ein schrecklicher Hund. Dieser bellt unterschiedlich lange – das Geräusch dazu kommt vom Tonband. Solange er bellt, laufen alle Tiere in seiner Umgebung weg, so schnell sie können: eine Schildkröte nur sehr langsam, ein Meerschweinchen schon etwas schneller und am schnellsten eine Katze. Ist der Hund still, bleiben die Tiere stehen.

Nachdem Wilkening den Kindern all das gezeigt hatte, setzte er nun beispielsweise das Meerschweinchen in eine bestimmte Entfernung vom Hund und fragte das Kind, wie lange dieser wohl gebellt habe. Oder er ließ umgekehrt den Hund eine Weile bellen und wollte dann vom Kind wissen, wie weit das Meerschweinchen gekommen sei. Dabei zeigte sich, daß schon Fünfjährige durchaus Weg und Geschwindigkeit systematisch zu einer Zeitschätzung verknüpfen, jedoch nicht – wie es richtig wäre – durch Division, sondern nach einer Subtraktionsregel.

Mit Selbstgesprächen beginnt das Denken

Wilkening war nicht der erste Psychologe, der die Theorien Piagets beanstandete. Schon in den Jahrzehnten der Piaget-Euphorie hatte es erste Zweifel an dessen Vorstellungen gegeben, doch beschränkten diese sich im wesentlichen darauf, „kindgerechtere" Aufgaben als der Meister zu entwerfen. Mit ihrer Hilfe stellten die Forscher fest, daß Kinder viele Fertigkeiten schon in weit früherem Alter besitzen, als Piaget ihnen zugetraut hatte.

Eine regelrechte „Early-competence"-Bewegung entstand, welche aber die Phasenfolge, in der die Fähigkeiten nach Piaget erworben werden, nicht grundsätzlich bezweifelte. Erkennbar wurde allerdings immer mehr, daß etwa der Übergang von einem Stadium zum anderen nicht alle geistigen Fähigkeiten gleichzeitig erfaßt, sondern für unterschiedliche Aufgaben zu sehr unterschiedlichen Zeiten erfolgen kann.

Außerdem besannen sich immer mehr Forscher auf Argumente des 1934 gestorbenen russischen Psychologen Lew Wygotski: Dieser hatte die von Piaget vernachlässigte Rolle der Sprache bei der intellektuellen Entwicklung betont und beispielsweise das Vorsichhinsprechen kleiner Kinder ganz anders als der Schweizer gedeutet: Piaget nahm das Selbstgespräch als weiteren Beweis dafür, daß Kinder in der voroperationalen Phase prinzipiell „egozentrisch" seien, unfähig, auch nur zu begreifen, daß andere Menschen andere Wahrnehmungen, Gedanken oder Gefühle haben können, geschweige denn darauf einzugehen. Wygotski dagegen sah in dem Gebrabbel die Vorstufe des „inneren Sprechens" und damit den Beginn des Denkens.

Auch die Bedeutung von Lernen und Übung wurde nach und nach intensiver diskutiert. Wygotski hatte argumentiert, der geistige Entwicklungsstand eines Kin-

des sei eher an seiner Fähigkeit zu lernen abzulesen als an seinem Können. Einen weiteren Aspekt betonte die schottische Forscherin Margaret Donaldson, als sie in den siebziger Jahren Piagets Interpretationen – zum Beispiel des Wasserglasversuchs – kritisierte: Kinder versuchten stets, die jeweilige Situation als sinnvoll zu verstehen, nur so könnten sie etwa die Bedeutung von Wörtern nach und nach immer sicherer erkennen und ihre Fähigkeit verbessern, das Geschehen zu begreifen. Unter diesem Blickwinkel fand Margaret Donaldson eine andere Erklärung für die seltsamen Antworten jüngerer Kinder: Sie hätten oftmals noch nicht verstanden, was Piaget mit seinen Aufgaben beabsichtigte, und Piaget selbst habe aufgrund seines theoretischen Systems ihre Reaktionen vielfach in falscher Weise interpretiert

Kinder vertrauen stets den seriösen Absichten Erwachsener

Margaret Donaldsons Fachkollegen Martin Hughes und Robert Grieve zeigten etwa, daß Kinder zwischen fünf und sieben Jahren kaum davon abzubringen sind, auf die seriösen Absichten Erwachsener zu vertrauen. Deshalb beantworten sie ernsthaft auch noch die bizarrsten Fragen, wie: „Ist Milch größer als Wasser?" Eine typische Antwort: „Ja, Milch ist größer, weil sie farbig ist."

Schüttet also ein Erwachsener vor den Augen eines Vorschulkindes Wasser in ein höheres, schmaleres Gefäß und fragt es dann mit ernster Miene, ob das Wasser sich vermehrt habe, dann nimmt die kleine Versuchsperson vielleicht als selbstverständlich an, das Umschütten habe etwas mit der Frage zu tun, und antwortet deshalb auf gut Glück mit „ja". Oberflächlich betrachtet scheint es damit zu zentrieren – obwohl es nicht im Traum daran dächte, ein Getränk bei großem Durst erst mal in einen schmaleren Behälter zu füllen.

Solchen Ungereimtheiten zwischen den Antworten eines Kindes auf eher theoretische Fragen und seinem praktischen Verhalten spürt in jüngster Zeit auch Wilkenings Arbeitsgruppe nach, mit der er inzwischen an die Universität Tübingen umgesiedelt ist. Dabei wird immer deutlicher, daß Kinder wie Erwachsene je nach Situation höchst unterschiedliches oder sogar widersprüchliches Wissen über den gleichen Gegenstand aktivieren können: hier Handlungswissen, im Wortsinn Know-how, dort explizite Kenntnisse, die auch auf andere Zusammenhänge übertragbar sind. Schon die gleichzeitige Existenz dieser Ebenen, die manchmal völlig unabhängig voneinander reifen, widerspricht Piagets Vorstellung von wohldefinierten Entwicklungsstadien, die einander jeweils ablösen.

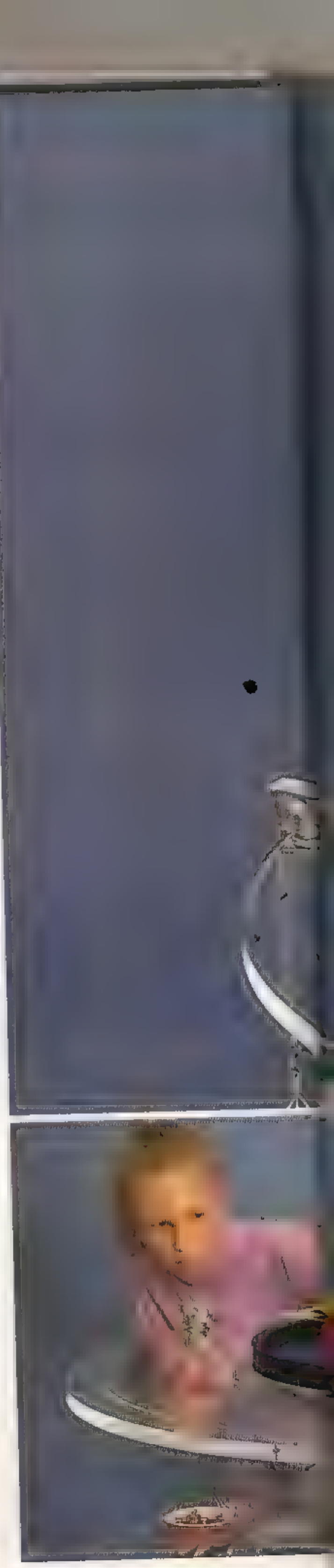
Edgar Fiebergs Experimente zeigen das ganz klar. Kinder wie der kleine Timo berücksichtigen zwar beim Bälleschubsen sowohl die Höhe der Bahn als auch die Entfernung zum Ziel. Doch sie vermögen sich diese Fähigkeit selten bewußtzumachen. Als Fieberg die Kinder später bat, die nötige Kraft auf einer Skala einzustellen, schienen sie plötzlich von ihrem vorher so geschickt eingesetzten Know-how nichts mehr zu wissen: Etwa die Hälfte bewertete die notwendige Kraft nur nach der Entfernung zum Ziel und ignorierte die Höhe völlig. Andere meinten gar – ganz im Gegensatz zu ihrem Tun – um so kräftiger schieben zu müssen, je höher die Bahn sei.

Kurz: Im zweiten Versuchsteil schienen die Kinder zu zentrieren, weil ihre expliziten „theoretischen" Kenntnisse stark hinter ihrem praktischen Know-how zurückblieben. „Vom Wissen auf der einen Ebene läßt sich eben selten das Wissen auf der anderen erschließen", kommentiert Wilkening diese vermeintlich paradoxe Erkenntnis. „Wir erwarten ja auch nicht von einem Weltmeister im Kugelstoßen, daß er die Formel für die ideale Flugbahn angeben kann, und von keinem Physiklehrer, daß er die Kugel optimal stößt. Jede Aufgabe aktiviert unterschiedliche Bewältigungsstrategien."

Solche Bewältigungsstrategien zu erforschen ist eine wichtige Aufgabe der Entwicklungspsychologie. Denn es geht um mehr, als Lehrern und Eltern verständlich zu machen, weshalb und wann Kinder bestimmte Aufgaben ganz anders auffassen und zu lösen versuchen als Erwachsene: Es geht um das Ziel, die menschliche Entwicklung und damit uns selbst besser zu begreifen. Dazu können die Forscher fürs erste nicht viel mehr tun, als immer und immer wieder geschickt und möglichst unbefangen Kinder, Jugendliche und Erwachsene zu beobachten und sich überraschen zu lassen.

Auch wenn die gewonnenen Erkenntnisse Friedrich Wilkening und seine Kollegen zumindest zur Zeit eher zu Bescheidenheit beim Formen einer Theorie mahnen, die Versuche lohnen dennoch: Wenn Timo im Versuchsraum des Instituts Bälle wirft, wenn andere Kinder beurteilen, nach welcher Seite sich eine vertrackt belastete Balkenwaage neigt oder wohin eine Holzfigur schließlich rutschen wird, an der mehrere Seile mit Gewichten ziehen, dann kommen die Forscher ihrem hochgesteckten Ziel wieder ein Stückchen näher: zu verstehen, wie sich der so überreiche innere Kosmos eines Menschen entfaltet. □

Franz Mechsner, 38, ist auch Autor des Beitrags über „Konnektionismus" (Seite 120). **Susanne Feyll**, 32, war bei ihrer Arbeit besonders von der Unbefangenheit der Kinder beeindruckt und von deren Scham, wenn sie sich selbst bei einem Denkfehler ertappten.



Verwirrt vom Winkelspiel der Kräfte

Wohin die Spielfigur rutschen wird, ist eine verrackte Frage: Die Kinder müssen bei ihrer Schätzung nicht nur die unterschiedlichen Gewichte, sondern auch den Winkel zwischen den Fäden berücksichtigen. In ihrer Verwirrung erinnern sich jüngere Kinder oft der Balkenwaage und achten deshalb nur auf die stär-

Mit eineiigen Zwillingen, die getrennt aufgewachsen sind, wollen Forscher ergrü

...ün ..., was ist wichtiger für die Intelligenz: Erbe oder Umwelt

Die Lehre vom doppelten Lottchen

Identische Gene verbinden eineiige Zwillinge fürs Leben. Zusammen schon im Mutterleib – hier mit Ultraschall aufgenommen in der 10. Schwangerschaftswoche – gleichen sie sich noch als Erwachsene. Auch Tony Milasi und Roger Brooks, die als Kinder getrennt wurden, haben viel gemeinsam: vom Aussehen bis zur Persönlichkeit

VON MARCO EVERS

Kein Wunder, daß die „Minnesota-Studie" von Thomas Bouchard zum Medienspektakel geriet: Sie ist knallig und verblüffend und methodisch anscheinend so einleuchtend. Um den Einfluß von Erbe und Umwelt auf den Menschen zu messen, fahndete der US-Psychologe nach eineiigen Zwillingen, die in unterschiedlichen Familien aufgewachsen waren. Von 1979 bis 1990 hat er 56 Paare gefunden und getestet, Intelligenz-Quotienten gemessen und Persönlichkeiten bestimmt. Alles, was die Erbgleichen unterscheidet, führt Bouchard auf deren unterschiedliche Umwelten zurück – was sie gemeinsam haben, auf ihr gemeinsames Erbe.

Und Bouchards Zwillingspaare haben ja so vieles gemeinsam. Oskar und Jack zum Beispiel. Oskar ist im Nazi-Deutschland aufgewachsen, Jack in Trinidad. Als sie einander am Flughafen von Minneapolis trafen, trugen beide Männer das gleiche blaue Sporthemd mit Schulterklappen. Beide streiften sich Gummibänder über das Handgelenk. An den Fingern von Bridget und Dorothy prangten je-

Von Kopf bis Fuß aufs Gleiche eingestellt: Viele Zwillinge kokettieren mit ihre

Gene, Kleider und Frisuren: Manch eineiiges Paar tilgt alle Unterschiede. Zahnspangen oder Falten sind dan

weils sieben Ringe, vier an der einen Hand, drei an der anderen. Auch Jim und Jim aus Ohio wanderten durch die Weltpresse: Beide hatten – ohne voneinander zu wissen – erst eine Linda geheiratet, dann eine Betty, den Hund Toy genannt und die ältesten Söhne James Allan beziehungsweise James Alan getauft. Beide hatten als Hilfs-Sheriff und Tankwart gearbeitet

Diese Marotten und offensichtlichen Zufälle sollen mit Chromosomen zu tun haben? Bouchard sagt: Die Lebensgeschichten getrennter Zwillinge ähnelten sich, weil ihre gleichen Gene ihre Reaktion auf die Umwelt in gleicher Weise steuern – er rechnet das Ergebnis solcher Wechselwirkung einseitig den Erbanlagen zu. Und er schließt noch mehr aus dem Vergleich: Die Macht der Gene erstrecke sich sogar auf „Optimismus, Religiosität, Führungskraft, Durchhaltevermögen, Selbstsucht und Kreativität".

Selbst eine so vielschichtige Eigenschaft wie Intelligenz beruhe vor allem auf den Erbanlagen. Zu etwa 70 Prozent glichen sich die IQs der Eineiigen. Daraus leitet Bouchard in einem zweifelhaften Umkehrschluß ab, 70 Prozent der IQ-Unterschiede in der breiten amerikanischen Mittelklasse seien auf unterschiedliche Gene zurückzufuhren: Wenn dort einer dümmer ist als der andere, hat er das zu zwei Dritteln seinen Genen zu danken. „Über diese Tatsache", schreibt Bouchard, „muß nicht länger diskutiert werden."

Wohl doch: Leon Kamin zum Beispiel glaubt dem Kollegen kein Wort. Der Psychologe von der Northeastern University in Boston stochert seit 20 Jahren in der Arbeit von Erbe-Umwelt-Forschern herum und stöbert nach wissenschaftlich Anrüchigem. So entlarvte er 1974, damals noch Professor an der Princeton University, die Zwillingsstudie von Sir Cyril Burt als Fälschung: Sir Cyril hatte offenbar den Großteil seiner 53 Eineiigen erfunden, um zu „beweisen", daß vor allem Gene die Geistesleistung bestimmen.

Bei Bouchards Studie wartet Kamin bisher vergebens darauf, daß der Autor, wie in der Wissenschaft üblich, seine Datenbasis veröffentlicht. Kein Forscher könne die Ergebnisse überprüfen, denn: „Es gibt noch immer keine Fallstudien und keine detaillierten Berichte", sagt Kamin säuerlich. „So kann ich keine Reanalyse machen."

Eines hält Kamin für besonders rätselhaft: Bouchard hat neben den 56 eineiigen auch 30 zweieiige, getrennt aufgewachsene Zwillinge untersucht. Diese besitzen kein identisches Erbgut, sondern sind so verwandt wie normale Geschwister. Wenn an der Erblichkeitstheorie etwas dran ist, dann müßten zwischen den Zweieiigen größere IQ-Unterschiede klaffen. Doch einen direkten Vergleich habe Bouchard bisher nicht veröffentlicht – „und ich vermute", sagt Kamin, „daß er dafür gute Grunde hat".

Ohnehin akzeptiert Kamin nicht, daß allein Gene die hohen IQ Ähnlichkeiten bewirken könnten. Ebenso wahrscheinlich sei folgende Interpretation: Die getrennten Zwillinge ähneln einander so sehr, weil ihre prägenden Umwelten so ähn-

...hnlichkeit – auch Paare, die sich nach langer Trennung wiedergefunden haben

...limm, solange beide sie bekommen – geteiltes Leid ist halbes Leid

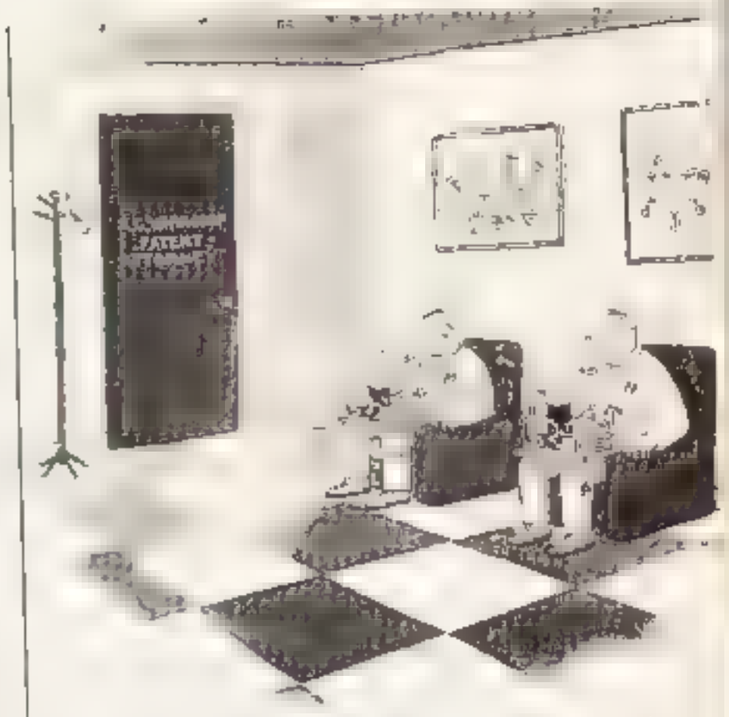
lich sind. Zwillinge würden niemals vollständig auseinandergerissen: Häufig geben überforderte Eltern ein Kind an Verwandte ab. Doch auch dann kennen sich die Geschwister, wachsen in ähnlichen Verhältnissen auf und besuchen mitunter die selbe Schule.

Selbst wenn Kinder zur Adoption freigegeben werden, gelangen sie selten in völlig unterschiedliche Welten: Behörden vermitteln Arbeiterkinder vorzugsweise in Arbeiterfamilien, Sprößlinge von Bildungsburgern an ebensolche. Der sozio-ökonomische Status bleibt für beide ähnlich; er bestimmt manche Lebenschance und prägt einen Teil ihrer Persönlichkeit. Ohnehin werden getrennte Zwillinge in den allermeisten Fällen in derselben Kultur groß – und machen daher ähnliche Erfahrungen, die einen weiteren Teil ihrer Ähnlichkeiten erklären. Welcher Forscher würde schon einen genetischen Hang zu Popmusik feststellen wollen, weil beide Zwillinge „unabhängig voneinander" Michael Jackson lieben?

„Wenn ich eine Zwillingsstudie machen würde", sagt Kamin ohne ironischen Unterton, „würde ich zunächst einen Privatdetektiv engagieren." Denn nicht immer stimmen die selbsterzählten Lebensgeschichten. Nach der Geburt getrennte eineiige Zwillinge sind äußerst rar und bei Sozialwissenschaftlern begehrt. Honorare werden gezahlt, Fernsehauftritte locken, manches wiedervereinte Zwillingspaar schreibt ein Buch über seine Ähnlichkeiten. Kamin hat mehreren von Bouchards Zwillingen nachgespurt. Sein Resümee: Die beiden Sieben-Ringe-Schwestern kannten sich bereits lange – ein Wissenschaftler in London hätte sie zusammengeführt. Kamin traf sich auch mit Jack, dem Zwillingsbruder von Oskar. Jack zeigte ihm arglos das Foto von einem Familienfest – Oskar und Jack nebeneinander. Und das war vor dem Zusammentreffen bei Bouchard in Minneapolis.

Für Leon Kamin steht nach all dem fest: „Solche Studien lohnen sich nicht. Sie sind gut für die Massenmedien, aber wissenschaftlich bringen sie gar nichts." Auch der Heidelberger Psychologe Manfred Amelang winkt ab: „Erbe und Umwelt lassen sich allenfalls theoretisch trennen, aber nicht praktisch."

Heute bezweifelt kein Forscher mehr, daß Gene an unserer Intelligenz mitbeteiligt sind. „Was durch die Erbanlagen nicht vorgegeben ist, kann auch nicht erworben werden", sagt Wolf Singer, Direktor am Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung.



»Nach der Geburt getrennt, treffen sich die Maliert-Zwillinge zufällig wieder«

Positive Umwelteinflüsse könnten nur das verwirklichen und verstärken, was im Gehirn genetisch vorgegeben ist. Aber beides in Prozentanteile aufzusplittern hält Singer für „ein unsauberes Unterfangen: Erbe und Umwelt bedingen einander". Zu trennen, was zusammengehört, sei sinnlos.

Und doch geschieht es immer wieder. Oft sind die Motive dafür fadenscheinig, die Folgen aber fatal. Ende der sechziger Jahre behauptete Arthur Jensen aus Berkeley, schwarze US-Bürger seien genetisch bedingt dümmer als weiße. Tatsächlich hatten sie in vielen IQ-Tests schlechter abgeschnitten – aber vor allem deshalb, weil die Tests auf die Lebenswelt der weißen Mittelschicht ausgerichtet waren. Fur seine These wurde Jensen beschimpft und erhielt sogar Morddrohungen. Politiker indes griffen diese „Ergebnisse" auf – und strichen ergänzende Bildungsprogramme. Betroffen waren vor allem schwarze Kinder aus den Gettos. □

Marco Evers, 26, lebt in Hamburg
Für seine Reportage „Saatzucht Mendels mächtige Erben" in GEO-Wissen Nr. 3/1991 ist er mit dem Nachwuchspreis des Wettbewerbs „Reporter der Wissenschaft 1991" ausgezeichnet worden

Eine ehemalige Elite-Schule in Rostock erlebt eine Wende anderer Art: Neue Lehrer drängen hochbegabte Schüler, sich nicht mehr in der Nische ihres Spezialgebietes zu verstecken, sondern ihren Verstand auch in wenig geliebten Fächern zu erproben – etwa in Deutsch

BEGABTE

Nicht auf Kosten von Goethe

VON SUSANNE PAULSEN,
FOTOS: HEINER MÜLLER-ELSNER

Als Thomas im neunten Schuljahr nach Rostock kam, erlitt er einen heilsamen Schock: Mathe-Cracks wie ihn gab es in der Spezialschule für Forschungsnachwuchs en masse. Überdies hatten die Lehrer begnadete Informatik-Kids um sich geschart. Auch Chemie-Asse und Physik-Leuchten – manche in den kleinsten Dörfern Mecklenburg-Vorpommerns aufgespürt – fanden sich unversehens unter ihresgleichen auf dem Internat für naturwissenschaftlich Begabte. Dort verloren sie erst einmal ihre Illusionen. „Hier merkst du, daß du nicht der Beste bist", sagt Thomas. „Ruck zuck."

Trotzdem klingt Stolz in seiner Stimme. Lieber der Letzte in einer Klasse voller Genies als ein einsamer Primus in der Bildungsprovinz. Hat ihn sein Land nicht ausgezeichnet? Nur wenige Jugendliche der ehemaligen DDR durften in Spezialschulen Unterricht auf Höchst-Niveau genießen. Vorher hatten sie sich bewähren müssen: Klausuren bestehen, Eignungstests bewältigen und – als Teilnehmer von „Korrespondenzzirkeln" – Aufgaben zu Hause lösen und die Antworten einschikken. Der jahrelange Auswahl-Marathon hat Thomas nicht ermüdet. Die Konkurrenz ist ihm Ansporn, wie den meisten seiner Schulkameraden auch. Ein Wort fällt immer wieder, wenn sie über ihr Leben reden: „Herausforderung". Viele sprechen es leichthin aus. Einige schnappen dabei nach Luft, als müßten sie Anlauf nehmen für eine besonders hohe Hurde.

Kein Wunder: Das Konzept für die 14 mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Spezialschulen der DDR war an das der Sportgymnasien angelehnt. Dort trieben Lehrer ihre Schutzbefohlenen zu grotesken Höchstleistungen. Seit den sechziger Jahren zwang die DDR auch ihren jungen Geistes-Athleten ein scharfes Training auf. Die Jugendlichen sollten ihr Talent in Spezialschulen oder -klassen entwickeln und ihre Spitzenleistungen so früh wie möglich „gesellschaftlich nutzbar" machen. Die Mathematiker-, Chemiker- und Tüftler-Elite galt als „Quelle weiteren Fortschritts in Wissenschaft, Technik und Produktion".

Heute sind die Sonder-Schulen für Hochbegabte ein unhandliches Überbleibsel, das nicht so recht in die neu zu gestaltende „Bildungslandschaft" passen mag. Vorbild ist nun die alte Bundesrepublik – ein Land, in dem „Hochbegabung" seit Jahrzehnten ein Reizwort ist. Gute Köpfe auswählen und trainieren, über das Gymnasium hinaus? Das muß schiefgehen, meinen viele westliche Schulexperten. Abgesondert erzogene Jugendliche könnten später nicht sozial verantwortlich handeln, argumentiert zum Beispiel die „Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft". Wer Heranwachsende isoliere, verschärfe das Konkurrenzdenken. Überdies seien sich die Forscher uneins, wie überdurchschnittliche geistige Fähigkeiten zu messen sind. Deshalb sei es unmöglich, bei der Auswahl junger Talente gerecht vorzugehen.

Seit allerdings immer mehr Schuler das Abitur machen, gewinnen die Freunde von Eliteschulen an Boden. Sie führen an, daß das Gymnasium sein „Niveau" verloren hat und besonders befähigten Jugendlichen keinen angemessenen Unterricht mehr bietet. So wächst seit einigen Jahren die Zahl vorsichtiger Förder-

Versuche für Hochbegabte. Rheinland Pfalz hat „D-Zug Klassen" eingerichtet, Hamburg bietet Samstagskurse für mathematisch talentierte Schülerinnen und Schüler an. Doch verglichen etwa mit den USA oder Israel ist Deutschland-West als Talentschmiede ein Entwicklungsland. In kaum einer öffentlichen Schule werden Hochbegabte systematisch betreut.

Das neue Bundesland Mecklenburg-Vorpommern wollte denn auch kein Geld aufwenden, um die Rostocker Extravaganz weiterzufinanzieren. Also griffen die Lehrer zur Selbsthilfe: Sie modernisierten ihr Unterrichtskonzept und fanden einen privaten Schulträger aus dem Westen – das „Christliche Jugenddorfwerk Deutschlands" (CJD), einen bundesdeutschen Pionier in Sachen Begabtenförderung: In seinem Braunschweiger Internat hat das CJD schon 1981 einen Spezialzug für „Spitzenbegabte" eingerichtet. Dieses Förderungs-Modell soll Vorbild für den Neuanfang im Osten sein. Unter dem Namen „Jugenddorf-Christophorusschule Rostock" entsteht nun ein „normales" Gymnasium mit Sonderklassen für Hochbegabte von der neunten Jahrgangsstufe an. Burghard Eichholz, der Direktor des Braunschweiger Internats, leitet zur Zeit auch die Rostocker Schule.

Die Zahlenreihe. Eichholz runzelt die Stirn, wenn er sie erwähnt. Zwei, vier, acht. Bitte fortsetzen, verlangen manche Intelligenztests. Wenn ein Schüler gut abschneiden möchte und schon etwas von Mathematik gehört hat, verdoppelt er brav weiter: 16, 32, 64, 128 . . . Andere – ebenso richtige – Lösungen gelten als falsch. Dabei schätzt Eichholz jene Kinder, die etwa „zwei, vier, acht, zwei, vier, acht, zwei, vier, acht . . ." antworten: „Ich will doch gar nicht, daß sie schon erkennen können, was erwartet wird." In Rostock gehe es jetzt nicht mehr darum, Jugendliche in einem „nützlichen" Spezialfach zu drillen. Die Abgänger müßten auch nicht mehr ein, zwei Studiensemester überspringen können wie früher. Wichtig sei vielmehr, daß die Schüler möglichst viele ihrer Fähigkeiten entdecken.

Die Begabten-Auswahl wird demnächst umgestellt aufs West-Verfahren, das mehr testet als naturwissenschaftliche Leistungsfähigkeit: Die Bewerber müssen künftig ihre „logischen Denkstrukturen" beim Probe-Unterricht in einer unbekannten Fremdsprache wie Rumänisch oder Finnisch unter Beweis stellen. Psychologen und Lehrer bewerten das „soziale Engagement" der Schüler. Bei Museumsbesuchen sollen sie zeigen, daß Kultur sie nicht kalt läßt.

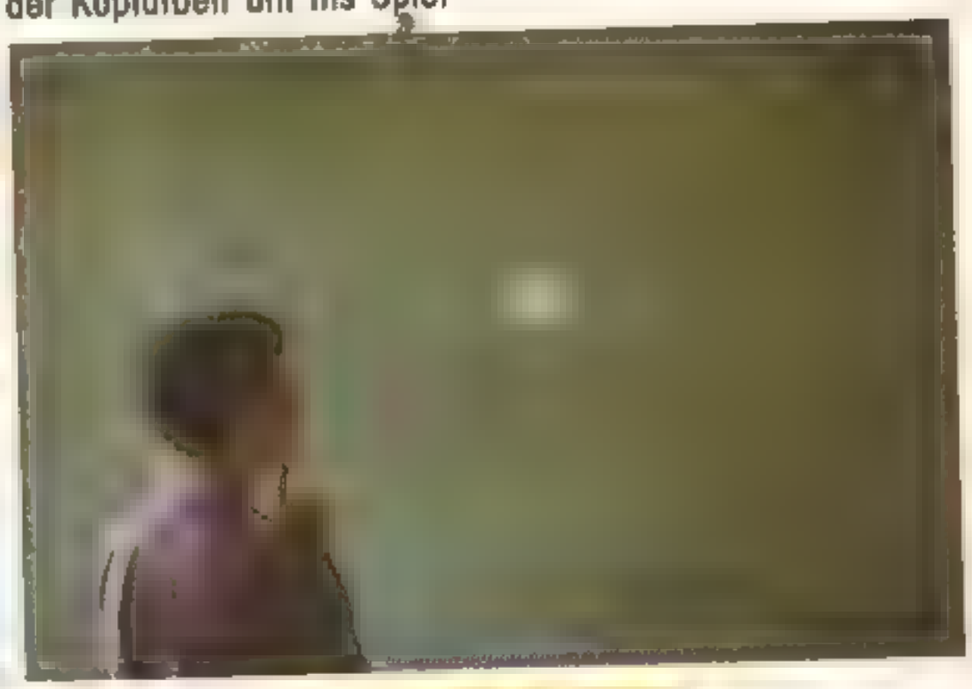
Das Unterrichtsangebot ist schon jetzt ausgewogener als zuvor. Statt Mathematik im Überfluß gibt's mehr Deutsch; dazu freiwilliges Chorsingen und Einzelunterricht im Klavier- und Geigenspiel. Da kann Thomas dem Leistungszwang alter Prägung nachtrauern, wie er will. Sein Mitschüler Harald mag beklagen, daß „die Power raus" sei aus dem Physikunterricht – er ändert nichts. Das Team um Eichholz bleibt unerbittlich. Junge Menschen dürfen sich nicht einseitig mit Spezialwissen befrachten. Schon weil die Schule die Rahmenlehrpläne des Kultusministeriums einhalten muß.

Die Schulpsychologin Kathrin Prante erklärt, daß Lernen im Lieblingsfach sogar zur Sucht werden könne. Wie Schokolade-Essen. Sie will die Jugendlichen „aufwachen" und „verspielter werden" sehen. Nicht der einspurige Mathe-Karrierist gilt noch als Vorbild. Eher schon jene Zwölftkläßlerin, deren Ausspruch dem neuen Religionspädagogen Konrad Frenzel aus Braunschweig so gefiel, daß er ihn in einer Predigt zitierte. Sie wolle, hatte das Mädchen gesagt, das doppelte Integral nicht auf Kosten von Luther, Bach und Goethe lösen.

Natürlich bietet die Schule nach wie vor Besonderes im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich. Gerd beispielsweise kann schon morgens um zehn vor sieben seinen Wissensdurst stillen. Im neuen Chemieraum, den die Lehrer in den Ferien selber ausgebaut haben,

Wo Kopfarbeiter Künstler spielen

Schüler, die schärfer denken als 99 Prozent ihrer Altersgenossen, bewältigen auch ein komplexes Lernpensum mit Bravour – egal, ob sie die Geschwindigkeit von Wellen im Aquarium messen, an der Tafel eine vertrackte Polynom-Division vorrechnen oder elektrische Schaltungen stöpseln. Die Kunst-AG allerdings lenkt die Lust an der Kopfarbeit um ins Spiel



schüttet er Kupfersulfatlösung in ein Becherglas. Er läßt ein Eisenblech hineingleiten und zieht es rosig glänzend heraus: verkupfert. Bis halb acht bauen die drei Teilnehmer der „Spitzenförderung Chemie" noch schnell ein galvanisches Element aus einem Apfel, dann hastet Gerd zum Vorbereitungskurs für die „Mathematik-Olympiade". Vielleicht stellt Rostock ja diesmal wieder einen Sieger in dem Denk-Wettbewerb, der sich von Ungarn und Rumänien aus zunächst über den Ostblock und inzwischen weltweit verbreitet hat.

Die Lehrer formen und fördern sie mit Freude, diese Jugendlichen, die manche als wertvolle nationale Begabungsreserve betrachten: pures Gold in den Händen fähiger Pädagogen. Der Kunstlehrer spottet zwar zuweilen: „Signiert euer Stilleben – nur für den Fall, daß ihr später den Nobelpreis kriegt." Doch im Grunde schätzt auch er die Arbeit mit den jungen Geistesgrößen. Andere Kollegen kommen regelrecht ins Schwärmen. „Texterschließung – wie schnell das geht", sagt ein Sozialkundler, dessen Klassen oft „das Doppelte in der Hälfte der Zeit" durcharbeiten. Einen Mathematiker bewegt manchmal sogar das Gefühl, eine Schülerin oder ein Schüler entwickle das Fach noch einmal, auf jeweils ganz persönliche Art. Acht, neun Lösungswege präsentierten ihm seine Klassen, wenn er eine schwierige Aufgabe stellt. Und was die Jungen und Mädchen jetzt, nachdem die „Kopflastigkeit" vergangen ist, in Musik und Theaterspiel leisten, habe ihn überwältigt.

Gerade den intellektuell Hochbegabten, argumentiert das CJD, werde in der Regelschule das Recht verwehrt, sich zu entfalten. Sie seien eine „gefährdete Minderheit", die unter Umständen in besonderen Klassen unterrichtet werden müsse. Denn selbst vielen Eltern fällt es schwer, ein Kind zu akzeptieren, das in seiner geistigen Entwicklung den Altersgenossen weit vorauseilt. Wenn ihr Sohn oder ihre Tochter zu dem etwa halben bis einen Prozent von Kindern zählt, die schon im ersten Lebensjahr sprechen, unersättlich geistige Nahrung suchen und Essen wie Schlafen als unangenehme Unterbrechung des eigentlichen Lebens empfinden, reagieren sie unbeholfen, ratlos oder sogar aggressiv.

Im Kindergarten werden die kleinen Intelligenzler oft gemieden: Sie sprechen „geschraubt", teilen die Interessen ihrer Altersgruppe nicht und geraten deshalb leicht in die Stellung von Außenseitern.

Auch wenn sie dann endlich in der Schule ihren Geist erproben dürfen, blühen hochbegabte Kinder nicht unbedingt auf. Viele fühlen sich unterfordert. Das Mißverhältnis zwischen dem, was sie erhoffen, und dem, was sie bekommen, kann sie schwer enttäuschen. Manche stören im Unterricht, weil sie sich langweilen. Andere fugen sich in den Klassenverband, stecken aber ständig zurück. Allen aber fällt es schwer, ein realistisches Selbstbild aufzubauen, weil ihnen jede Aufgabe leicht erscheint.

Wer niemals die Grenzen seiner Fähigkeiten erfährt, entwickelt sich nicht zu dem, was er sein könnte. Der amerikanische Psychologe Seymour Epstein hat beispielsweise festgestellt, daß intellektuell begabte Menschen häufig Mängel im „konstruktiven Denken" zeigen: Einige trivialisieren ihr Talent. Sie entziehen sich – manchmal unter großer geistiger Anstrengung – jeder Aufgabe, die nicht unmittelbaren Erfolg verspricht. Gerade weil sie nie mit Mißerfolg konfrontiert waren, fürchten sie ihn. Andere setzen sich zu hohe Ziele. Sie träumen ihnen nach, ohne zu handeln, oder lassen jeden kleinen Rückschlag ihr Selbstbewußtsein unterhöhlen. Mancher setzt sich auch in den Kopf, allein seinen Weg auf den Höhen des Geistes zu finden, und verirrt sich irgendwann.

Eckhard Kups will solche Eigenbrötler in die Realität zurückholen, ihr Interesse etwa am Rasierapparat oder der Küchenmaschine wecken, die in der Vitrine vor den Werkräumen stehen. Der Lehrer für

Spaß am Lernen – auch nach der Schule

Wenn engagierte Lehrer auf talentierte Schüler treffen, bleibt Anregung nicht auf die regulären Stunden beschränkt: Unterricht und freiwillige Mehrarbeit fließen ineinander, wenn die Schüler »Romeo und Julia« aufführen, Teichwasser unter dem Mikroskop untersuchen, erkunden, weshalb eine Geige klingt, oder am Sprungturm überprüfen, ob sie das Verhalten fallender Körper korrekt berechnet haben

Mathematik und Physik hat mit Kollegen ein neues Konzept für das Fach „Technik und Informatik“ erarbeitet. Sie wollen begabte Jugendliche zu Tätigkeiten anleiten, die später den Mitmenschen nützen: die Alltagstechnik durchschauen, mit Computerhilfe Fertigungsskizzen zeichnen und selber Geräte entwickeln.

Vor dem jährlichen Sportfest ermutigen die Lehrer Informatik begeisterte Schüler, Programme für Plazierungslisten zu schreiben. Zweck der Übung: Die Computerfreaks treten aus dem stillen Kämmerlein an die Öffentlichkeit und lassen sich „sozial einbinden“. Denn viele von ihnen sind so in sich gekehrt, daß sie sogar im Kontakt zu den Lehrern Hilfestellung brauchen. Sie müssen erst akzeptieren lernen, daß ein erfahrener Erwachsener – selbst wenn er ihnen in ihrem Spezialgebiet unterlegen ist – ihren Horizont erweitern kann. „Ein Jugendlicher, der sich als Autodidakt sehr früh dem Computer zuwendet, läuft Gefahr, sich zu verzetteln“, meint Kups. „Er ist nicht unbedingt derjenige, der am meisten leistet “

Leistung wird an der Christophorus-Schule immer noch geschätzt – wenn auch erst an zweiter Stelle, nach der Entfaltung. Die Begabten-Lehrer hoffen wahrscheinlich noch mehr als Kollegen an anderen Schulen, daß sie „ihre“ Zöglinge zu besonders tatkräftigen, verantwortungsbewußten Menschen erziehen. Erwartungsvoll klingt etwa Burkhard Krögers Stimme, wenn er in Erdkunde Klartext redet: „Unser Rohstoffpotential neigt sich dem Ende zu“, sagt er und zeigt auf die große Deutschlandkarte. Die Zwölftkläßler folgen brav seinem Vortrag. Kröger warnt: Die Qualität der Braunkohle in den Regionen Leipzig/Halle und Cottbus nehme ab, bald würden Zechen Pleite machen. Was könnte sich Neues entwickeln?

Eigentlich, meint Direktor Eichholz, müßten alle Schuler so komplex wie möglich denken lernen: Wie beeinflußt etwa eine geplante Fabrik den Alltag der Anwohner? Welche ethischen und sozialen Überlegungen sind nötig, bevor sich Ingenieure und Forscher auf das Projekt stürzen? Wie wirken sich demokratische Entscheidungsstrukturen auf regionale oder globale Entwicklungen aus?

Um komplizierte Themen zu erarbeiten, müssen die Jugendlichen Erkenntnisse aus unterschiedlichen Fächern verknüpfen. Das läßt sich im Alltag der meisten Schulen nur schwer umsetzen. In einer „Begabtenklasse“ dagegen könnte das „problemlösende Denken“ wichtigste Unterrichts Aktivität werden. Internationalen Erfahrungen zufolge gieren intelligente Kinder geradezu danach, die Strukturen und Prinzipien hinter dem

Lehrstoff zu erkennen, sie auf andere Bereiche zu übertragen und mit ihrer Hilfe eigenes – neues – Wissen zu produzieren.

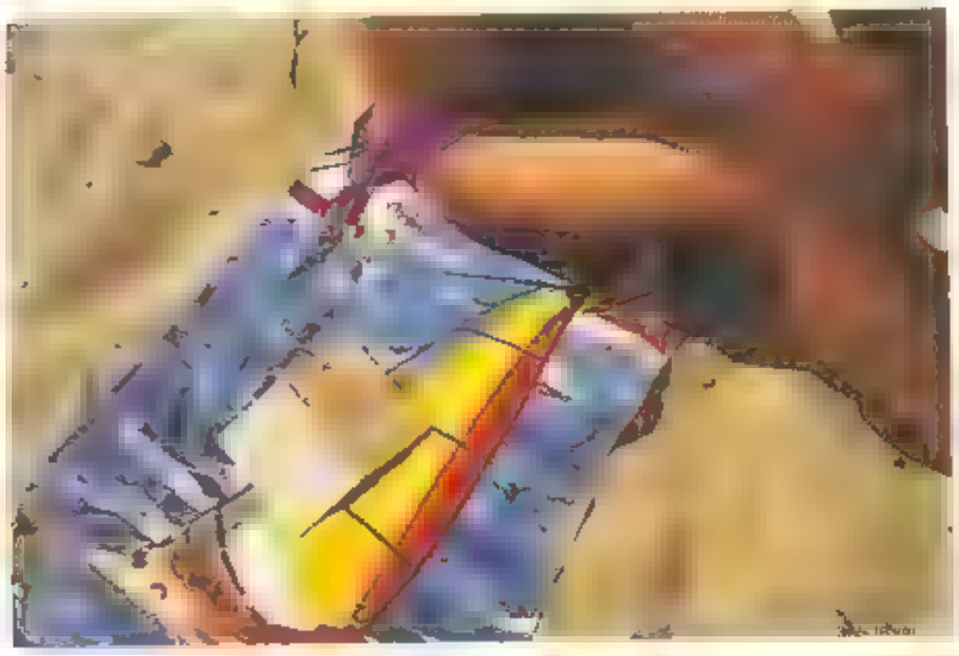
Die Klasse 9/4, an der die Rostocker ihr Konzept fur Begabtenförderung entwikkeln und testen, könnte sich in diese Richtung entwickeln. Zumindest hat die Schulleitung günstige Bedingungen geschaffen. Drei Lehrerinnen versuchen bereits „übergreifend“ zu unterrichten – zunächst einmal in ihren Fach-Kombinationen: Mathematik/Physik, Biologie/Chemie, Deutsch/Englisch.

Bleibt die soziale Frage: Entwickeln sich die Jugendlichen in dem Begabten-Paradies nicht zu Sonderlingen? Das müsse für jeden individuell entschieden werden, meint Peter aus der 9/4. Er habe da keine Problemé. Der 15jährige ist aufgeblüht im schwierigen Unterricht, hat Selbstbewußtsein entwickelt, Diskussionspartner gefunden und neue Freunde. Leuten, die seine Schule als Brutkasten einer abgehobenen Geistes-Elite bekritteln; stellt er gern eine Gegenfrage: Warum sollten Kinder, die während der Schulzeit unter einem Mangel leiden, den ihnen die Gemeinschaft aufzwingt, ihre Intelligenz später zu deren Wohl einsetzen? □

Susanne Paulsen, 30, und der Fotograf **Heiner Müller-Elsner**, 34, sind beide langjährige Mitarbeiter von GEO-Wissen. Mit dieser Reportage geben sie allerdings ihr Debut als Team.

Die schwerste Aufgabe: mit der Begabung leben

Wie die meisten Teenager haben auch die Rostocker Schüler bisweilen Pubertätsprobleme. Doch die Schulpsychologin Kathrin Prante ist nicht nur für Gespräche über die Nöte der ersten Liebe da. Häufig spricht sie mit den Jugendlichen über die »Droge Lieblingsfach«. Ihr sind verspieltere Schüler wichtig, die auch mal ohne Thomas Mann am Strand liegen oder nicht bis in die Nacht am Computer arbeiten



Der falsch vermessene Verstand

Seit Jahrzehnten streiten Psychologen darüber, was »Intelligenz« eigentlich ist. Viele Forscher wollten die Frage entscheiden, indem sie zu messen versuchten, was sie nicht erklären konnten. Doch bei der Reduzierung der Gehirn-Leistung auf eine Zahl – den Intelligenz-Quotienten –, haben sie etliche Fähigkeiten des Menschen schlicht ignoriert

VON CHRISTOPHER SCHRADER

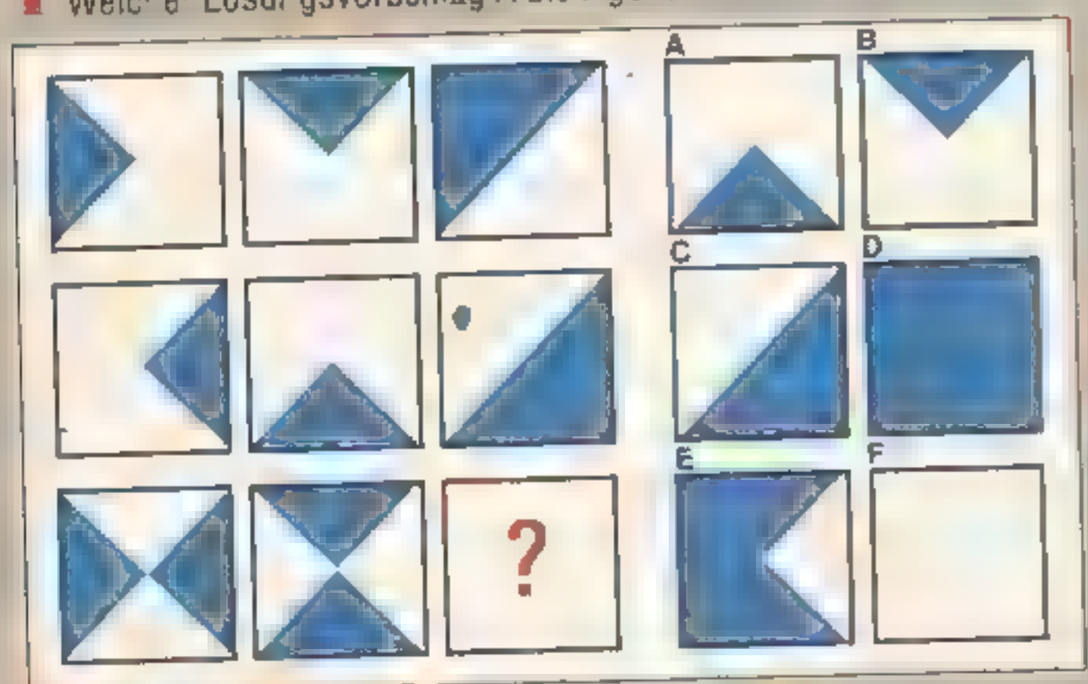
Welches der Wörter „Kaffee, Bier, Tee, Brötchen, Orangensaft" paßt nicht zu den anderen? Brötchen, weil es kein Getränk ist? Bier, weil es selten auf dem Frühstückstisch steht? Orangensaft, weil das Wort mit einem Vokal beginnt?

Schon diese Aufgabe, gestellt zu Beginn eines – imaginären – Kongresses zum Thema „Intelligenz und deren Messung", könnte einen tumultartigen Disput unter den Teilnehmern entfachen. Denn über die Frage, ob sich Struktur und Ausmaß von Intelligenz abprüfen lassen wie ein Satz Vokabeln, sind die Geistes-Forscher tief zerstritten.

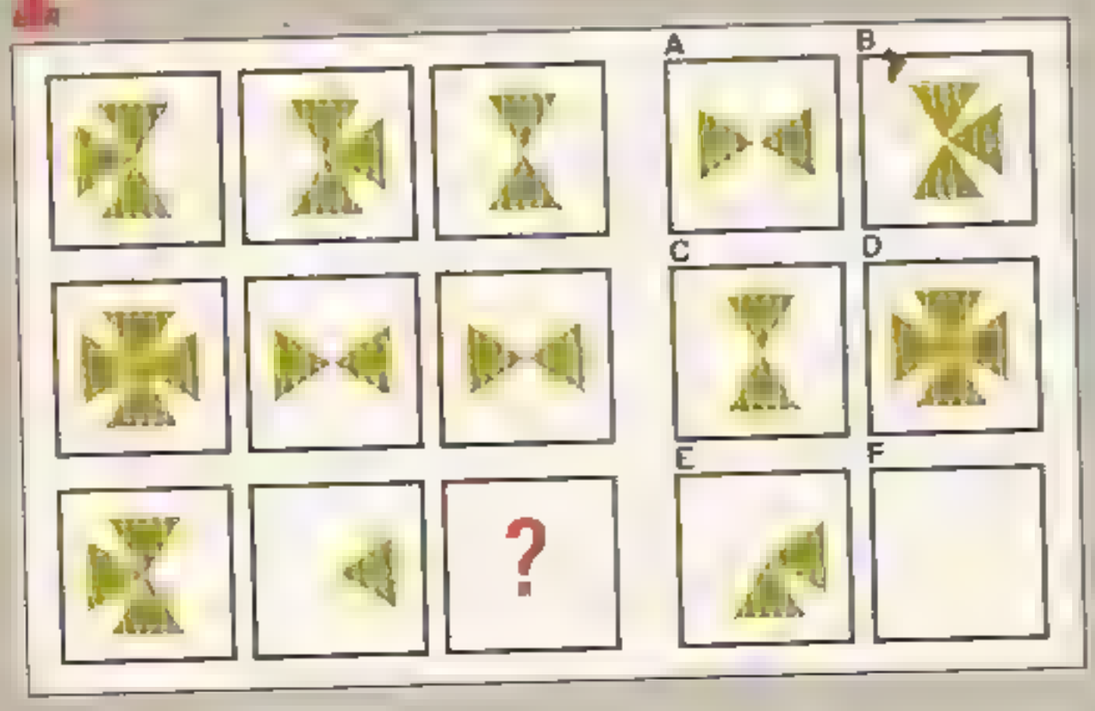
„‚Intelligenz' ist doch nichts als eine mathematische Fiktion", könnte etwa der amerikanische Evolutionsbiologe und Wissenschaftshistoriker Stephen Jay Gould rufen. Jeder Versuch, sie zu testen, diene dazu, „Menschen auf einer Wertskala zu ordnen und dabei festzustellen, daß unterdrückte und benachteiligte Gruppen – Rassen, Klassen oder Geschlechter – von Geburt an minderwertig sei-

1 Matrizen ergänzen

Welcher Lösungsvorschlag A bis F gehört in das freie Feld?



2



3

Auf den folgenden Seiten können Sie Ihre Intelligenz zwar nicht messen – aber erproben. Die Aufgaben stammen aus vier unterschiedlichen Tests und erlauben keine Berechnung eines Intelligenz-Quotienten. Deswegen können Sie sich auch so viel Zeit dafür nehmen, wie Sie möchten. Viel Spaß! (Auflösungen auf Seite 170)

en und ihre Lage verdienten".

Wütend unterbräche der britische Psychometriker Paul Kline: „Frechheit. Es besteht überhaupt kein Zweifel, daß Intelligenztests gute Indikatoren für Erfolg in der Ausbildung sind. Sie messen die Fähigkeit, Schlußfolgerungen zu ziehen und Zusammenhänge zu erkennen."

Dem fielen dann die Berliner Psychologen Jürgen Hesse und Hans Christian Schrader ins Wort: „Unsinn: Intelligenztests sind nicht im entferntesten in der Lage, das zu halten, was sie versprechen."

„Und außerdem", würde der Bamberger Forscher Dietrich Dörner ergänzen, „gibt es keinen nennenswerten Zusammenhang zwischen den Testwerten und den Fähigkeiten, die ein Mensch braucht, um komplizierte Probleme zu lösen."

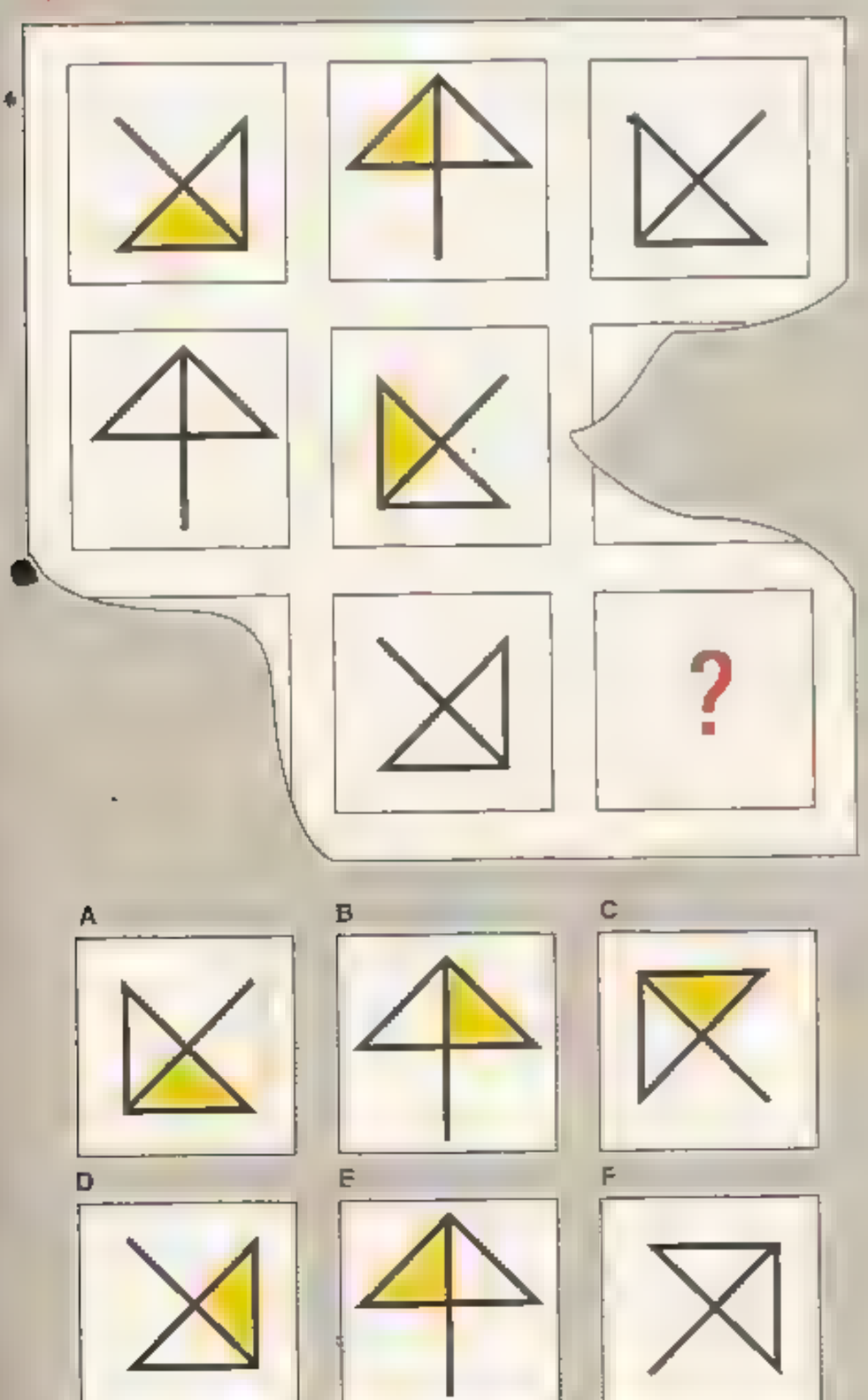
Schließlich würden sich die Teilnehmer gegenseitig mit Theorien bombardieren: angefangen mit der Lehre einer „generellen Intelligenz" über ein zersplittertes Geistes-Modell mit 150 Komponenten bis hin zur Vorstellung, daß die Vorgänge im Gehirn eigentlich zu kompliziert für jede Erklärung sind.

An diesem Punkt treffen Fiktion und Wirklichkeit zusammen. Bislang jedenfalls weiß niemand, weshalb Menschen in unterschiedlichem Maß über die Gabe verfügen, in Schule, Ausbildung und Beruf zu brillieren; die Relativitätstheorie, das Steuerrecht oder James Joyce' „Ulysses" zu begreifen oder gar zu schaffen; Sprachen zu lernen, Opern zu dirigieren, Mitmenschen zu begeistern – oder bei Intelligenztests zu reüssieren.

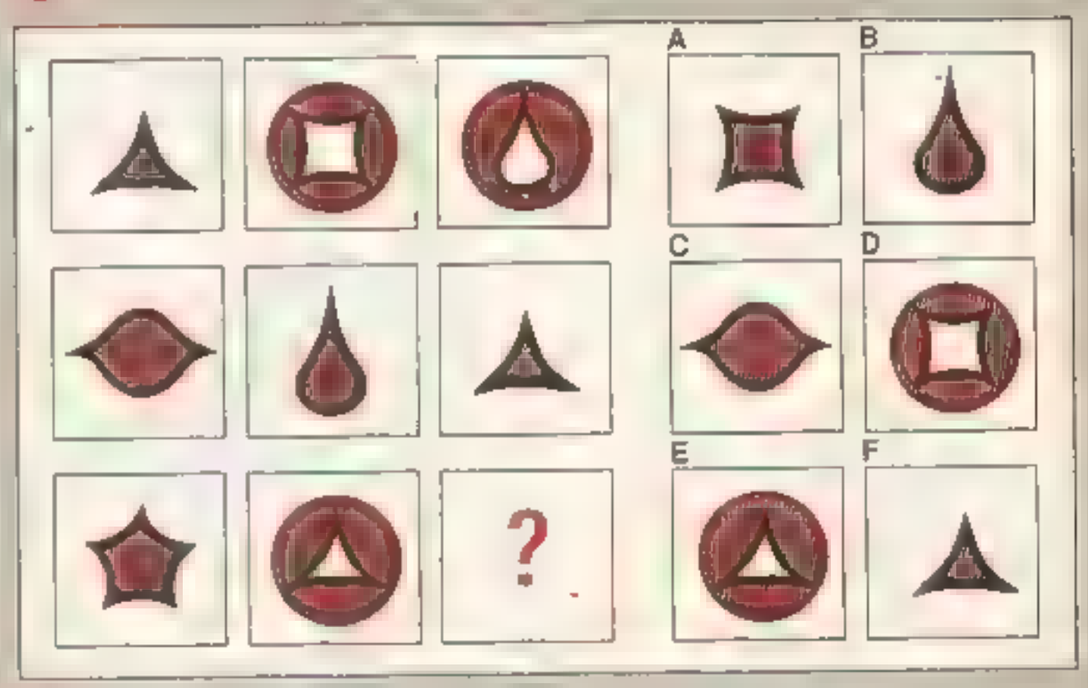
Vor allem weil Intelligenz den Menschen über Tier und Computer erhebt und als Mittgift für Erfolgreiche gilt, sind die so ungleich verteilten Geistesgaben in den Brennpunkt wissenschaftlichen Interesses gerückt. Zwei große Gruppen von Psychologen nehmen die feinen Unterschiede unter die Lupe.

Zunächst die Anhänger des Informationsverarbeitungs-Ansatzes: Sie erforschen grundlegende Prozesse geistiger Leistung ohne neurologische Entsprechungen dafür zu kennen. Dazu messen sie Reaktionszeiten und

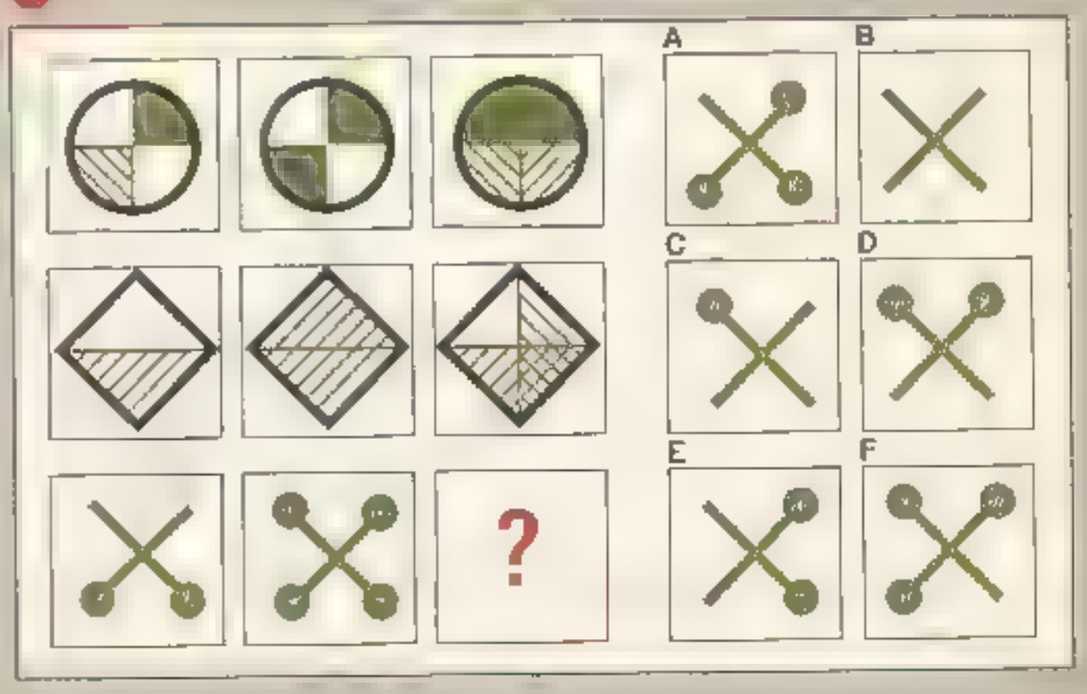
4



5



6



Gedächtnisleistungen und untersuchen, wie der Mensch auf Information reagiert, wie er sie verarbeitet und wie er Gelerntes zu Erinnerungen kondensiert.

Auf der anderen Seite stehen die Psychometriker. Diese Seelenmesser loten mit Tests die Struktur der Intelligenz aus. Dabei interessiert sie, ob der Mensch richtig auf Information reagiert. Sie prüfen mit mehr als 2000 Aufgabentypen Konzentration, Denken, Lernen und Gedächtnis, zuweilen auch Wissen und kulturelle Kenntnisse. Ihre Probanden müssen Zahlenreihen fortsetzen, Bilder ergänzen, graphische Analogien lösen, logische Folgerungen aus zwei Aussagen ziehen, Sätze vollenden und unpassende Worte erkennen. Dabei stehen sie meist unter großem Druck: erstens, weil die Stoppuhr tickt, zweitens, weil oft Ausbildungs- und Lebenschancen vom Testergebnis abhängen.

Viele Psychometriker berechnen aus den Tests einen Intelligenz-Quotienten (IQ) und erheben diese simple Zahl zum objektiven Maß geistiger Kapazität. Dabei hat die Intelligenzmessung unter eindeutigem Verzicht auf eine solche Zahl begonnen: Den ersten Test entwikkelte im Jahre 1905 der französische Psychologe Alfred Binet, um herauszufinden, ob bestimmte Kinder mit Lern-Defiziten besser in einer Sonderschule aufgehoben wären. Eine allgemeinere Bedeutung hat er seiner für diese spezielle Fragestellung entwickelten Prüfung niemals beimessen wollen.

Doch dann – Binet war inzwischen gestorben und konnte sich nicht mehr wehren – erfuhr seine Erfindung eine rasche Metamorphose. Zuerst übersetzte der deutsche Psychologe William Stern 1912 Binets neutraleres „niveau intellectuel" mit „Intelligenzalter", dividierte das umbenannte Ergebnis durch das Lebensalter der Kinder und prägte so den Begriff Intelligenz-Quotient. Später wurde das Ergebnis mit 100 multipliziert, um ganze Zahlen zu erhalten. „IQ 100" heißt seither die geistige Durchschnitts-Norm, bei der das Intelligenzalter dem Lebensalter entspricht.

Andere Forscher modifizierten die Methode, um sie auch auf Erwachsene anwenden zu können. Denn nach Sterns Formel lauerten hier große Probleme. Schließlich besteht zwischen dem geistigen Alter von 20 und 40 Jahren kaum ein meßbarer Unterschied – der IQ aber würde sich halbieren. Eine

7 Buchstabenfolgen

Wie geht die Reihe weiter?

1 a x y b x y c x y ?

f e d c b ?

3 a b b c b d e f b g h i ?

4 g r c d e g r f g g r h ?

5 l o m p n ?

6 c d e c g h i g k l m k ?

7 d a s e n d ?

8 Ziffernfolgen

Wie geht die Reihe weiter?

A 3 9 27 81 ?

11 12 10 13 9 14 ?

C 2 5 15 19 76 81 405 ?

81 43 27 40 9 37 3 ?

64 7 24 32 14 24 16 28 24 ?

3 7 13 19 29 37 ?

G 8 3 1 5 9 0 6 7 4 ?

9 Bilder-Tests

Was fehlt auf dieser Zeichnungen?

Analphabeten unter den Rekruten der US- Army mußten diese 1917 entwickelten Aufgaben lösen. Viele Neu-Einwanderer wurden danach als weniger intelligent eingestuft, weil sie noch wenig über ihre neue Heimat wußten. Ein Soldat aus Sizilien etwa zeichnete ein Kruzifix auf das Haus – »dumm«, meinten die Tester

Ein vorteilhaftes Angebot für alle, die GEO jetzt regelmäßig lesen und besitzen möchten:

GEO jeden Monat regelmäßig ins Haus geschickt zu bekommen, das bedeutet Monat für Monat ein neues, faszinierendes Erlebnis! Und nach und nach entsteht so eine einzigartige Sammlung von fesselnden Reportagen und einmaligen Fotos.
Darum nutzen Sie jetzt diese vorteilhafte Bestellmöglichkeit. Sie sparen ca. 15% (gegenüber Einzelpreis)!

Nutzen Sie den Preis-Vorteil!

Bitte mit 60 Pfennig freimachen falls Marke zur Hand

Antwort-Postkarte

GEO
Leser-Service
Postfach 10 25 25

W-2000 Hamburg 1

GEO-WISSEN zum Nachbestellen

Für alle, die neugierig sind, die gern mehr wissen wollen, gibt es jetzt eine vorteilhafte und bequeme Möglichkeit, alle bisher erschienenen Ausgaben von GEO-WISSEN nachzubestellen
Wenn Sie eine oder mehrere Ausgaben von GEO-WISSEN versäumt haben, ist dies eine Gelegenheit, Ihre Sammlung zu vervollständigen.
GEO-WISSEN-Ausgaben haben ca. 160 Seiten im GEO-Format 21,3x27 cm und sind in GEO-Qualität recherchiert, zusammengestellt und produziert.

Format 21,3x27 cm
Mindestens 160 Seiten
Alle Bilder in Farbe

Bitte mit 60 Pfennig freimachen falls Marke zur Hand

Antwort-Postkarte

GEO-WISSEN
Versand-Service
Postfach 600

W-7107 Neckarsulm

Bücher von GEO – so farbig und fesselnd wie unsere Welt

In den Büchern von GEO wird unsere vielgestaltige Welt auf neue Weise erlebbar. Sie widmen sich faszinierenden Themen, vermitteln Information und Wissen aus erster Hand. Inhalt, Ausstattung und Umfang entsprechen der hohen GEO-Qualität. Bücher von GEO haben 350 Seiten und mehr, im Format 20,5x28 cm, Leineneinband und farbigen Schutzumschlag sowie 250 bis 500 fast immer farbige Abbildungen.

Bitte mit 60 P fre machen falls Marke zur Hand

Antwort-Postkarte

GEO
Presse-Versand-Service
Postfach 600

W-7107 Neckarsulm

Abruf-Karte für GEO mit ca. 15% Preis-Vorteil

JA, ich möchte GEO sofort bestellen, brauche aber jetzt noch nichts zu bezahlen. Ich erhalte GEO derzeit mit ca. 15% Preis-Vorteil regelmäßig per Post frei Haus. Zustellung und Verpackung sind bereits im günstigen Preis inbegriffen.

Jedes Heft derzeit nur DM 9,– (statt DM 10,50 Einzelpreis).

Nur wenn ich auf GEO auch in einem Jahr wieder verzichten möchte, teile ich es Ihnen bis spätestens 8 Wochen vor Ablauf der Bezugszeit mit. Sollte Sie nichts von mir hören, erhalte ich GEO dann weiterhin per Post frei Haus.

Name, Vorname

Straße Nr.

☐ W
☐ O- Postleitzahl Wohnort

Datum, Unterschrift Bitte unbedingt hier unterschreiben!

Ich erlaube hiermit, meine Zahlungsangaben auch telefonisch zu unterbreiten (ggf. streichen).

Gewünschte Zahlungsweise für GEO (bitte ankreuzen)

☐ **Bequem und bargeldlos durch Bankabbuchung**

☐ ¼jährlich DM 27.– ☐ ½jährlich DM 54.–
☐ jährlich DM 108

Bankleitzahl (bitte vom Scheck abschreiben)

Kontonummer

Geldinstitut

☐ **Gegen Rechnung (12 Hefte) zum Gesamtpreis von DM 108,–. Bitte keine Vorauszahlung leisten. Rechnung abwarten.**

Widerrufs-Garantie: Diese Bestellung kann ich durch Absendung einer kurzen Mitteilung an den GEO-Leser-Service, Postfach 10 25 25, W-2000 Hamburg 1, innerhalb von einer Woche widerrufen. Rechtzeitiges Absenden genügt. Ich bestätige dies mit meiner zweiten Unterschrift:

Datum, Unterschrift Bitte unbedingt hier unterschreiben!

Auslandspreise z. Zt.: Schweiz Fr 8.50 statt Fr 10.50 Einzelpreis, Österreich S 65,– statt S 80,– Einzelpreis, übriges Ausland DM 9,– zuzüglich Porto

50560

Ihre Vorteile, wenn Sie GEO mit dieser Abruf-Karte bestellen:

- Ca. 15% Preis-Vorteil, d. h., Sie zahlen derzeit nur DM 9,– pro Heft (statt DM 10,50 Einzelpreis)
- Frei-Haus-Lieferung, Zustellung und Verpackung sind bereits im günstigen Preis enthalten
- Sie können diese Bestellung durch Absenden einer kurzen Mitteilung an den GEO Leser-Service Postfach 10 25 25, W-2000 Hamburg 1, innerhalb von einer Woche widerrufen. Rechtzeitiges Absenden genügt.

Nachbestellungen für GEO-WISSEN

JA, ich möchte die Nachbestellmöglichkeit für die bereits erschienenen Ausgaben von GEO-WISSEN nutzen.
Liefern Sie mir bitte die gewünschten GEO-WISSEN-Ausgaben gegen Rechnung an meine Adresse

Name, Vorname

Straße

☐ W
☐ O- Postleitzahl Wohnort

Datum/Unterschrift

Bitte hier unbedingt unterschreiben!

Alle Preise zuzüglich DM 3,– Versandkosten-Anteil pro Lieferung.
Ausland: nur gegen Vorkasse per Scheck zzgl. DM 5,– Versandkosten-Anteil

Ich bestelle die noch lieferbaren GEO-WISSEN-Ausgaben (Anzahl der gewünschten Exemplare bitte eintragen)

☐	Ausgabe 2/89 »Kommunikation«	(K 9002)	DM 13,50
☐	Ausgabe 3/90 »Sucht + Rausche	(K 9003)	DM 13,50
☐	Ausgabe 4/90 »Arktis/Antarktis«	(K 9004)	DM 13,50
☐	Ausgabe 1/91 [illegible]	(K 9101)	DM 13,50
☐	Ausgabe 2/91 [illegible]	(K 9102)	DM 13,50
☐	Ausgabe 3/91 [illegible]	(K 9103)	DM 13,50
☐	Ausgabe 4/91 »Ärzte Technik - Patienten«	(K 9104)	DM 13,50
☐	Ausgabe 1/92 [illegible]	(K 9201)	DM 13,50
☐	Ausgabe 2/92 »Ökologie + Evolution«	(K 9202)	DM 12,80
☐	Ausgabe 3/92 »Intelligenz + Bewußtsein«	(K 9203)	DM 12,80

Lieferung solange der Vorrat reicht

50561

Die Sonderreihe GEO-WISSEN ist ein Magazin, das jedem Leser Wissenschaft begreiflich macht und selbst Experten fasziniert. spannend geschrieben und opulent illustriert, mit verläßlichen und verständlichen Informationen aus erster Hand. Unsere Reporter und Fotografen lassen Sie Forschung hautnah erleben.

Bestell-Karte für die Bücher von GEO

JA, bitte liefern Sie mir gegen Rechnung und mit einer Woche Rückgaberecht folgende Bücher von GEO (Anzahl der gewünschten Exemplare bitte eintragen):

☐	»Die Schatzgräber«	(X 1000) DM 118,–
☐	»Die Wüste«	(X 1665) DM 118,–
☐	»Die Sonne«	(X 1720) DM 118,–
☐	»Geburt eines Ozeans«	(X 7030) DM 118,–
☐	»Die amerikanische Reise«	(X 7029) DM 118,–
☐	»Naturvölker«	(X 4742) DM 118,–
☐	»Der Mensch«	(X 1639) DM 118,–
☐	»Die Affen«	(X 3985) DM 118,–
☐	»Der Planet der Meere«	(X 2058) DM 118,–
☐	»Regenwald«	(X 4572) DM 118,–
☐	»Islam«	(X 6210) DM 118,–
☐	»Mensch + Kosmos«	(X 3470) DM 118,–
☐	»Die Alpen«	(X 2380) DM 118,–
☐	»Inseln in der Zeit«	(X 6212) DM 118,–
☐	»Der vermessene Planet«	(X 3471) DM 118,–
☐	»GEO Guide USA – Nationalparks«	(G 0651) DM 39,80
☐	»GEO Satellitenatlas Deutschland«	(G 0680) DM 98,–

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

☐ W
☐ O- Postleitzahl Wohnort

Datum Unterschrift

50562

Alle Preise inkl. MwSt. zuzüglich DM 3,– Versandkosten-Anteil pro Lieferung. **Ausland:** Lieferung nur gegen Vorkasse per Scheck zuzüglich DM 5,–.

Ihre Garantie, wenn Sie Bücher von GEO jetzt bestellen:

- Sie können jedes Buch eine Woche lang kostenlos zu Hause prüfen und sich so Ihr eigenes Urteil bilden.
- Sie gehen mit dem Abruf des Buches keinerlei Verpflichtungen ein.
- Sie haben das Recht, jedes Buch innerhalb von einer Woche nach Erhalt ohne Begründung an den GEO-Presse-Versand-Service, Postfach 600, W-7107 Neckarsulm, zurückzuschicken. Damit ist alles für Sie erledigt.

Bestellmöglichkeit für GEO Guide USA-Nationalparks

Lösung lieferte 1939 der US-Psychologe David Wechsler: Er nahm an, daß die statistische Verteilung der Intelligenz für jede Altersgruppe einer Gaußschen Glockenkurve folge – wie die Körpergröße. Danach haben mehr als zwei Drittel der Menschen definitionsgemäß einen IQ zwischen 85 und 115, nur jeweils 2,3 Prozent einen Wert über 130 oder unter 70.

Mit der Entwicklung praktikabler Testverfahren erwachte aber auch der Wunsch nach einer Erklärung für Intelligenz, zumal eine Eigenheit der Tests geradezu zum Spekulieren einlud: Wer Spitzenleistungen bei einer Aufgabe etwa im sprachlichen Teil eines Tests erreicht, kann oft auch andere, zum Beispiel mathematische Probleme recht gut lösen. Übersetzt in die Sprache der Statistik heißt das: Die Korrelation zwischen einzelnen Testteilen ist fast immer positiv.

Die frühen Geistes-Forscher wähnten hinter der Korrelation eine ursächliche Eigenschaft, die gutes Abschneiden bewirkt, und machten sich auf die Suche nach diesem Wesen der Intelligenz. Allen voran der englische Psychologe Charles Spearman. Sein Aufsatz von 1904 unter dem marktschreierischen Titel „General Intelligence - objektiv bestimmt und gemessen" gilt noch heute als Grundstein dieser Theorie, obwohl die Arbeit vor wissenschaftlichen Fehlern überquoll: Spearman wählte nur zwei Schulklassen als Stichprobe aus; anstelle von Testaufgaben benutzte er Noten und Urteile von Lehrern und Klassenkameraden und behandelte sie als unabhängige Maße für Intelligenz; er korrigierte unzuverlässige Meßwerte in die gewünschte Richtung; schließlich drehte er die Zahlen unter Rechenfehlern durch den Wolf der von ihm erfundenen Faktorenanalyse und kalkulierte so eine angeblich perfekte Korrelation als Beweis, daß die generelle Intelligenz – der „Faktor g" – existiert.

In Spearmans Grundannahme, daß die Zusammenhänge zwischen den Untersuchungsdaten eine reale Größe mit Namen „Intelligenz" bergen, liegt die Erbsünde der Seelenmesser: „Spearman zog die kardinal falsche Schlußfolgerung, die der Faktorenanalyse seitdem nachschleicht", schreibt Stephen Jay Gould: „Faktoren als solche sind weder Dinge noch Ursachen; sie sind mathematische Abstraktionen."

Letztlich beruht die gesamte Psychometrie auf einem Annäherungsprozeß. So

10 Sprachliche Analogien

Welche Regel verbindet das erste Wort mit dem zweiten – und das dritte mit der Lösung?

A	**Auto : Straße = Eisenbahn : ?**	1) Damm 2) Brücke 3) Schiene 4) Bahnhof 5) Weiche
B	**Uhr : Zeit = Thermometer : ?**	1) Sonne 2) Fieber 3) Frost 4) Wärme 5) Jahreszeit
C	**Maschine : Metall = Mensch : ?**	1) Seele 2) Geist 3) Kind 4) Fleisch 5) Hände
D	**Flamme : Kerze = Krebs : ?**	1) Wasser 2) Tumor 3) Bazillus 4) Meer 5) Gewebe
E	**Konrad Adenauer : zwei = Ludwig Erhard : ?**	1) eins 2) zwei 3) drei 4) vier 5) fünf

11 Welches Wort paßt nicht in die Reihe?

Ohne Allgemeinbildung können Sie das falsche Wort nicht erkennen. Trotzdem gelten die Aufgaben als »Intelligenz«-Test.

A	Mozart	Bach	Sokrates	Händel	Beethoven
B	Jupiter	Hermes	Mars	Neptun	Merkur
C	Chamisso	Körner	Eichendorff	Stresemann	Gryphius
D	Rembrandt	Shakespeare	Tintoretto	Raffael	Monet
E	Alexander	Napoleon	Wellington	Nelson	Hannibal

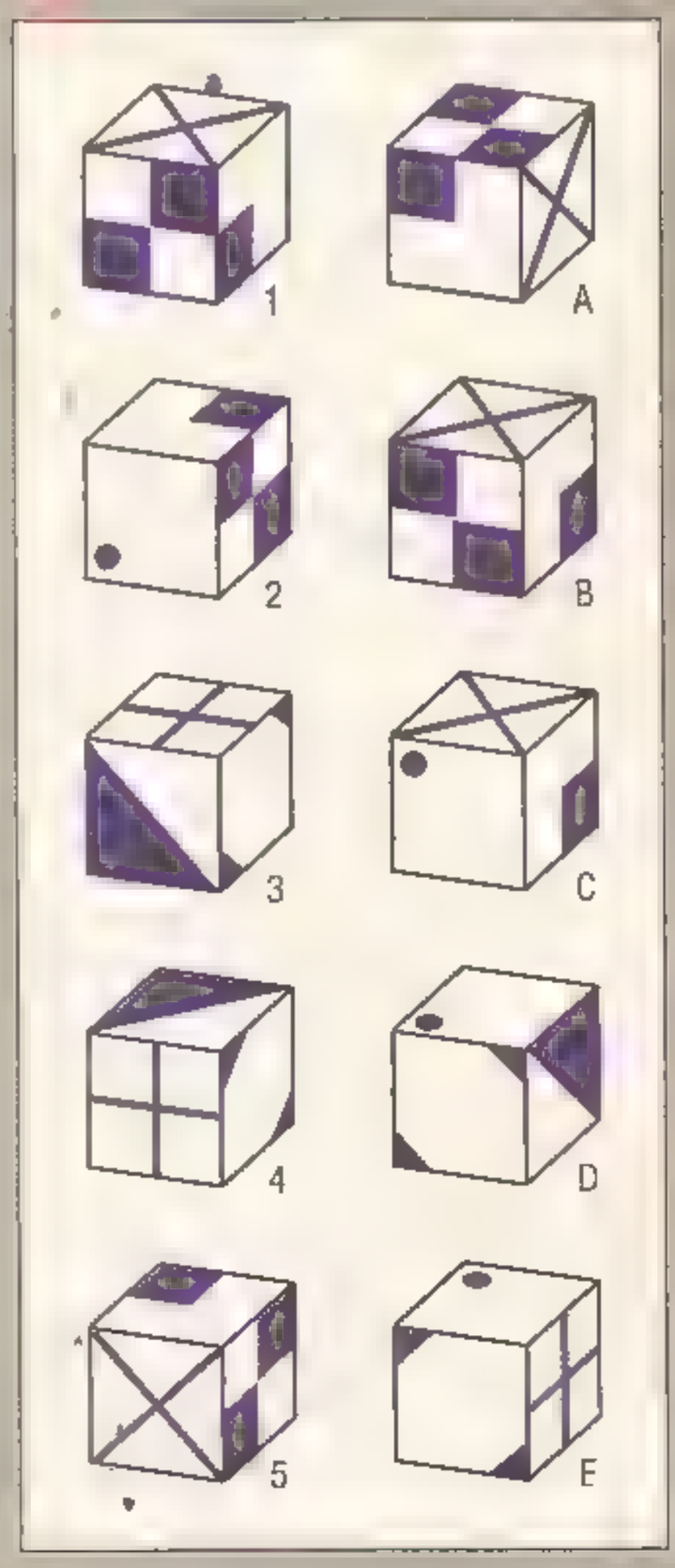
12 Welches Wort paßt nicht in die Reihe?

Die Lösungen dieser Aufgaben sind recht willkürlich. Finden Sie heraus, was sich der Konstrukteur dabei gedacht hat.

A	Gast	Helm	Grab	Relief	Gesang
B	Kapital	Politur	Mauer	Stiege	Strick
C	Arena	Etage	Inbegriff	Option	Uniform

13 Räumliches Denken

Welche Würfel stimmen überein?



charakterisiert es Franz Weinert, Direktor am Münchner Max-Planck-Institut für Psychologische Forschung: „Zuerst entwickeln Forscher auf dem Hintergrund einer oft vagen Theorie ein Meßverfahren, dann treiben sie statistischen Aufwand und erhalten eine verfeinerte Theorie, die wiederum das Meßverfahren verbessert." Nach vielen Windungen dieser Spirale bestätigen sich Meßverfahren und Theorie gegenseitig und verführen die Wissenschaftler zu einem „Zirkelschluß", wie Kritiker das nennen.

Die Psychologen haben aus solchen Vorwürfen gelernt. Neuere Darstellungen werden in manchen Lehrbüchern nicht mehr als „Theorien" angekündigt, sondern bescheidener als „Modelle". Deren Schöpfer vergleichen die Struktur des Geistes oft mit einer Hierarchie: An der Spitze steht zwar noch die von Spearman postulierte generelle Intelligenz, aber sie ist für die Klärung geistiger Prozesse weniger relevant.

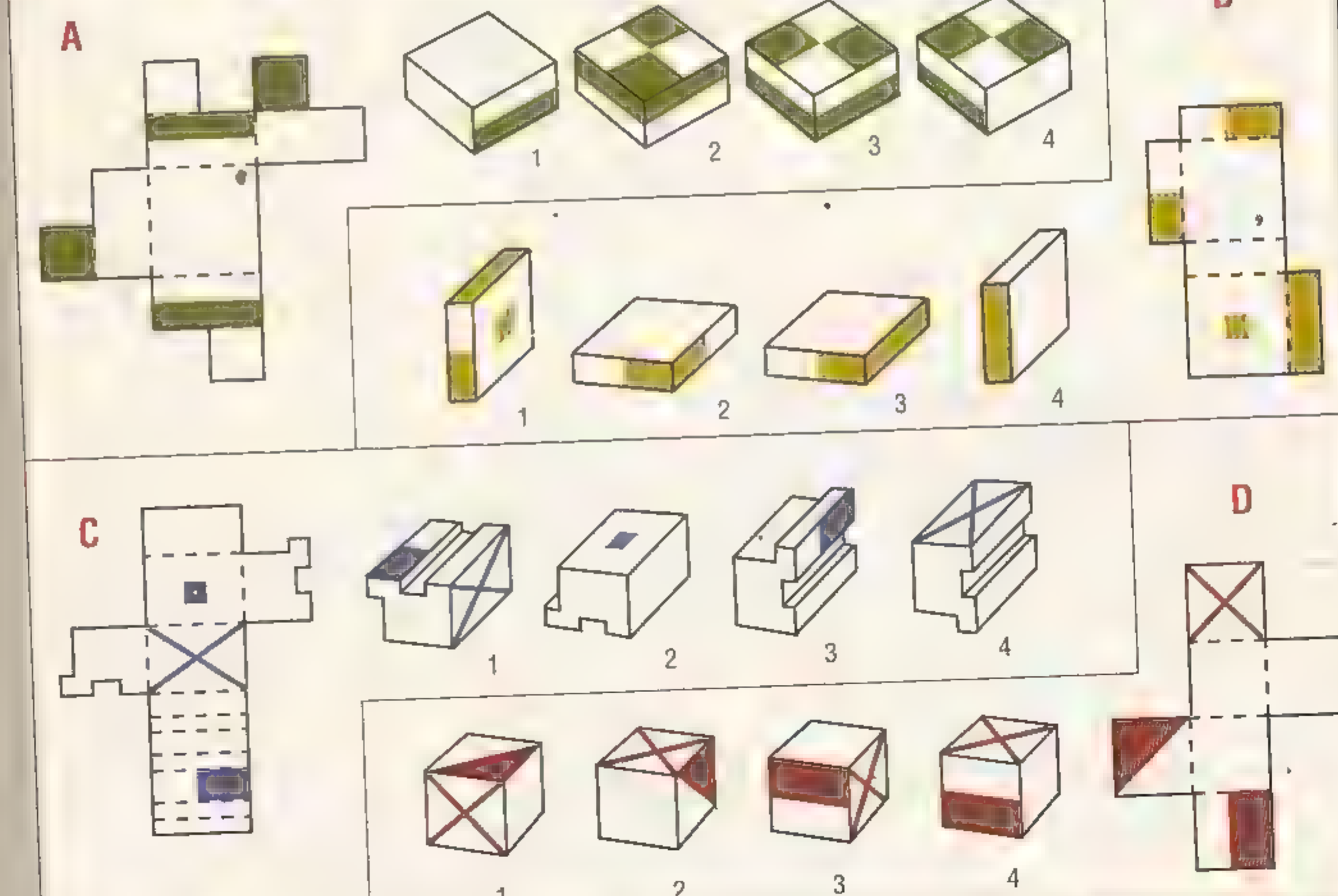
Darunter siedelten die amerikanischen Forscher John Horn und Raymond Cattell 1966 die „fluide" und die „kristallisierte" Intelligenz an: einerseits die Gabe, flexibel mit neuartigen Problemen und Situationen umzugehen; andererseits Wissen und Erfahrung sowie die Fähigkeit, diesen Informationsschatz anzuwenden. Noch etwas tiefer finden sich Einzelkompetenzen, die sich bei Menschen direkt beobachten lassen – ähnlich den sieben geistigen Grundfähigkeiten, die Louis Thurstone 1938 in Chicago aus seinen Daten destillierte: Zu seinen *Primary Mental Abilities* gehören das Verständnis für Sprache, Zahlen und räumliche Zusammenhänge, der Wortschatz und die Gedächtnisleistung, die Auffassungsgeschwindigkeit und das logische Schlußfolgern.

Auch den Intelligenz-Quotienten haben viele Geistes-Forscher inzwischen vom Sockel gestoßen.

● Intelligenz läßt sich trainieren – der IQ somit erhöhen. Das zeigen exemplarisch die Denkübungen, die der Aachener Pädagoge Karl Josef Klauer seit Jahren an Schülern erprobt. Die Kinder müssen zum Beispiel auf einem Bild mit mehreren Tieren erkennen, daß links Wasser-, rechts Landbewohner, oben Vögel und unten andere Tiere gezeigt sind, um dann zu entscheiden, wohin der Adler gehört. Nachdem sie zehn Stunden lang ihr induktives Denken geübt haben, schneiden sie beim Intelligenztest deutlich besser ab.

14 Dreidimensionales Vorstellungsvermögen

Wenn Sie das Muster im Geist zusammenfalten, welche Figur kann dann als einzige entstehen?



Die neuen Fähigkeiten verkümmern aber im Lauf von mehreren Monaten, wenn sie nicht gefordert werden.

● Ein niedriger IQ ist kein Indikator für geringe geistige Leistung. Das haben Stephen Ceci und Jeffrey Liker von der Cornell University im US-Bundesstaat New York Mitte der achtziger Jahre bewiesen, als sie erfahrene Zokker auf Pferderennbahnen beobachteten. Obwohl die gemessene Intelligenz der Wettexperten zum Teil deutlich unter 100 lag, konnten sie komplizierte Berechnungen im Kopf anstellen und mit endlosen Tabellen jonglieren.

● Umgekehrt ist ein hoher IQ kein Garant für geistige Potenz. Die Korrelation zwischen IQ und Schulnoten ist nur mittelmäßig und der Zusammenhang zwischen IQ und Erfolg im Studium oder Beruf noch geringer. Für Vorhersagen über Karriereaussichten einer Person ist die Kenntnis des IQ daher fast wertlos: Sie kann die Irrtumswahrscheinlichkeit, etwa bei der Wahl einer Schulform oder Berufsausbildung, nur um 20 beziehungsweise 5 Prozent senken.

Trotzdem wollen Psychologen nicht auf die Methode der Intelligenzmessung verzichten. Denn erstens „honorieren westliche Gesellschaften das, was die Tests messen – was auch immer das genau ist", sagt zum Beispiel der Heidelberger Professor Manfred Amelang. Zweitens benutzen Forscher die Tests als Diagnose-Instrument: „Darauf zu verzichten", sagt Franz Weinert, „bedeutet eine nicht zu rechtfertigende Vernachlässigung eines Werkzeuges. Aber genauso falsch wäre es, wenn die Tests das einzige Werkzeug darstellten." Und drittens „fehlt uns die Alternative", wie der Amerikaner Robert Sternberg einräumt: „Konventionelle Tests sind der einzige Standard für intelligente Leistung."

Sternberg, Professor an der Yale University, gehört zur anderen großen Gruppe der Intelligenz-Forscher: Angespornt auch durch das Versagen der Psychometrie nähern sich die Anhänger des Informationsverarbeitungs-Ansatzes dem Kosmos im Kopf von einer anderen Seite. Sie untersuchen, wie der Mensch Information speichert und verarbeitet. So hat Sternberg 1977 gemessen, wieviel Zeit Menschen benötigen, um Analogien zu überprüfen. Die Versuchspersonen mußten auf vier Merkmale schematischer Figuren achten: Geschlecht, Farbe, Größe und Dicke. Durch Variation

15 Satzergänzungen

Wie wird die Aussage „wahr"?

A Das wichtigste am Fernseher ist...
1) die Antenne
2) der Abstellknopf
3) die Fernbedienung
4) die Bildröhre

B Vor allem aus Mangel an... sind Hochhäuser entstanden.
1) Sauerstoff
2) ästhetischem Empfinden
3) Bauholz
4) Baugrund

16 Kopfnüsse

Welches Wort der unteren Zeile paßt zu den oberen? Und warum?

A

GANG MANN NOT

Trost Hund Arm Dorf Liebe Dose

Welche Ziffern müssen hinter SEI stehen? Und warum?

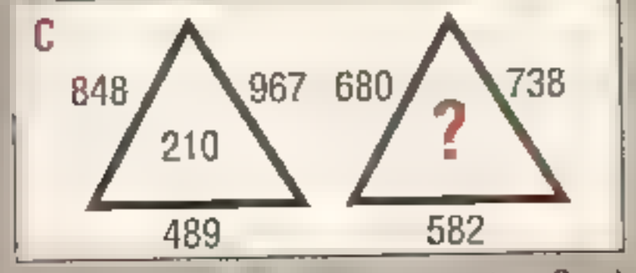
B

HOLSTEIN 83527614

LOHN 6495 LOSE 7548 SEI ?

Welche Zahl gehört in das rechte Dreieck? Und warum?

C



Hier müssen Sie Intelligenz aus dem Spiel lassen. Bei den **Satzergänzungen** führen Witz und Ironie zur falschen Lösung, und bei den **Kopfnüssen** sollten Sie möglichst verschroben und kompliziert denken, nicht klar und geradeaus

17 Text-Aufgaben

Beweisen Sie Ihre geistige Flexibilität – finden Sie die einfachste Lösung.

A Die Wasserkrüge

Sie haben drei Wasserkrüge. Krug A faßt 8 Liter, Krug B 5 Liter, Krug C 3 Liter. Krug A ist voll, die anderen beiden leer. Sie möchten den Inhalt von A zur Hälfte in B abmessen, ohne beim Umfüllen raten zu müssen. Wie geht das?

B Die Socken-Schublade

In einer Schublade befinden sich insgesamt 45 rote und blaue Socken und zwar im Verhältnis 4:5. Wie viele Socken müssen Sie – ohne hinzuschauen – höchstens herausnehmen, damit Sie ein passendes Paar anziehen können?

C Das Mönch-Problem

Ein Mönch möchte gerne im Kloster auf dem Berg beten. Er geht im Tal um 7 Uhr morgens los, läuft mal schneller, mal langsamer, macht eine Mittagspause und kommt um 5 Uhr auf der Bergspitze an. Er betet den ganzen Abend und beginnt am nächsten Morgen wiederum um 7 Uhr den Abstieg. Von den geistigen Anstrengungen ermattet, geht er langsam und erreicht daher das Tal erst um 5 Uhr nachmittags. Die Frage ist: Gibt es einen Punkt auf dem Weg, den der Mönch an beiden Tagen zur gleichen Uhrzeit erreicht? Begründen Sie Ihre Antwort.

der Unterschiede und der Information, die seine Probanden vor Beginn der Messung bekamen, konnte der Psychologe die Zeiten für einzelne Lösungsschritte bestimmen.

Dabei erhielt Sternberg ein zunächst überraschendes Ergebnis: Versuchspersonen, die bei gängigen Tests sehr gut abgeschnitten hatten und die er deshalb als „intelligenter" einstufte, brauchten deutlich länger für den ersten Schritt, die Speicherung der Merkmale. Dafür konnten sie aber nicht nur die Regeln viel schneller erkennen und anwenden, das Ergebnis überprüfen und antworten, sie arbeiteten auch genauer als weniger intelligente Probanden. Offensichtlich liegt, so schloß der Forscher, im sorgfältigen Aufnehmen der Information eine Voraussetzung für das erfolgreiche und schnelle Lösen geistiger Aufgaben.

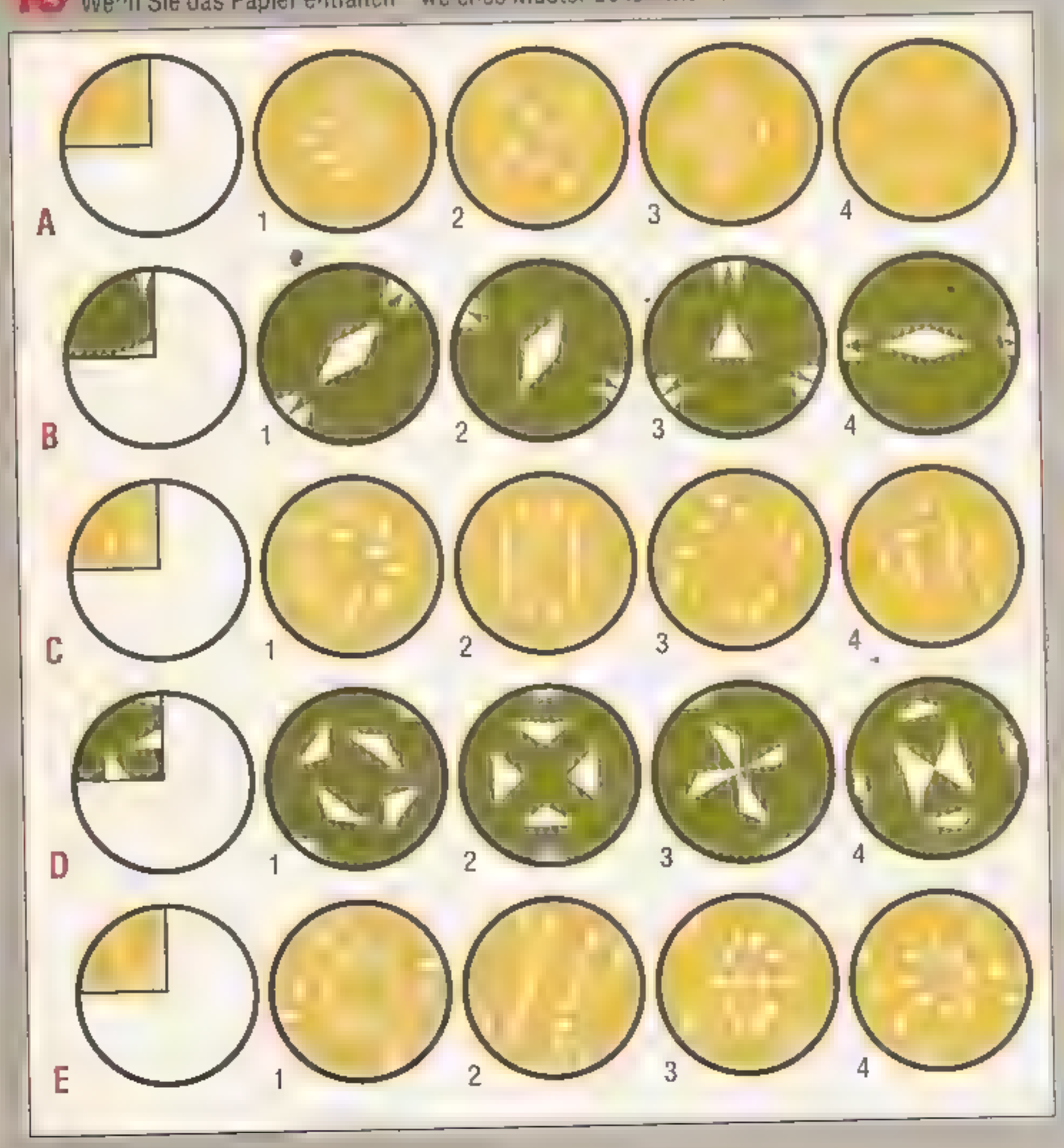
Als weiterer Schlüsselfaktor erscheint die Strukturierung des Wissens. Psychologen haben wieder und wieder die sogenannte Gedächtnisspanne gemessen: Die Forscher präsentieren ihren Probanden eine Reihe von Buchstaben oder Zahlen. Ein durchschnittlicher Erwachsener kann fünf bis sieben Informationen im Kurzzeitgedächtnis speichern und in etwa korrekt wiedergeben; ist die Liste länger, erinnert er sich nur an die letzten fünf bis sieben Reize. Mehr Informationen können Menschen offenbar nicht gleichzeitig verarbeiten.

Doch der Inhalt jeder dieser Einheiten kann durch geschickte Organisation beträchtlich vergrößert werden. Anders Ericsson und seine Kollegen von der Carnegie Mellon University im amerikanischen Pittsburgh berichtete 1980 vom einem Studenten, dessen Gedächtnisspanne für Zahlen in anderthalb Jahren auf 79 Ziffern angewachsen war. Er hatte sein Wissen über Langstreckenlauf benutzt, um den Zahlenwust mit Hilfe von Eselsbrücken zu „Informationspaketen" zu schnüren. So merkte er sich die Zahl 3492 als „3 Minuten 49,2 Sekunden, fast Weltrekord auf eine Meile".

Ähnlich erweitert ist auch das aktivierte Gedächtnis guter Schachspieler: Nach jahrelanger Erfahrung speichern sie nicht mehr einzelne Figuren, sondern ganze Konstellationen – schließlich sogar eine Vielzahl kompletter Partien mit allen möglichen Zügen samt der mit ihnen verbundenen Gefahren und Chancen. Dabei sind weder Ericssons Proband noch Schachexperten allgemeine

18 Lochbilder

Wenn Sie das Papier entfalten – welches Muster bekommen Sie dann?



19 Zahlenfelder

Was paßt nicht ins Schema?

A

4	5	7	10	14	19
22	17	13	10	8	7
9	10	11	15	19	24
24	19	16	12	10	9
7	8	10	13	17	22
19	14	10	7	5	4

B

10	17	18	19	16	19
17	12	7	8	15	20
14	3	4	15	8	15
13	20	19	16	18	19
10	5	6	7	14	17
17	8	5	16	7	6

20 Magische Quadrate

Ordnen Sie die Zahlen so, daß die Summe der Einträge in jeder Zeile, Spalte und Diagonale gleich ist.

A

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

B

1	4	5	8	10
11	13	15	17	18
19	21	25	26	27
28	30	34	35	38
41	43	44	45	47

Gedachtniskünstler. Der Student konnte sich trotz des Zahlentrainings bei Buchstabenfolgen maximal sechs Konsonanten merken, und Schachprofis fallen bei verruckten Figurenstellungen auf das Niveau eines Anfängers zuruck.

Der Organisation des Denkens weist auch der Bamberger Psychologe Dietrich Dörner eine zentrale Bedeutung fur die geistige Leistung zu. Er erforscht mit Computer-Planspielen, welche Fehler Menschen bei der Losung komplizierter Probleme machen. Der Spieler soll etwa in die Rolle eines Entwicklungshelfers schlupfen und die Lage des fiktiven afrikanischen Moro-Stamms verbessern. Trotz allumfassender Vollmachten scheitern viele Probanden an der Vernetzung der veranderlichen Großen Zum Beispiel. Nach dem Bau neuer Brunnen wachsen Hirseproduktion und Rinderherden. Zugleich sinkt langsam und zunachst unbemerkt der Grundwasserspiegel – bis plotzlich Dürre und Hungersnot ausbrechen, weil der Helfer die Ressource „Wasser" uberstrapaziert hat.

Dörner konnte bei seinen Versuchspersonen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen IQ und Erfolg beim Planspiel erkennen. Seine Interpretation: „Klassische Tests enthalten eben keine längerfristigen Aufgaben, bei denen es darauf ankommt, das eigene Denken zu organisieren." Den Grund dafur sieht Dörner im atomistischen Weltbild vieler Forscher: „Sie hacken die geistige Leistung des Menschen auseinander und untersuchen die Stucke einzeln. Dabei vergessen sie immer, daß alle Teile in Wechselwirkung miteinander stehen."

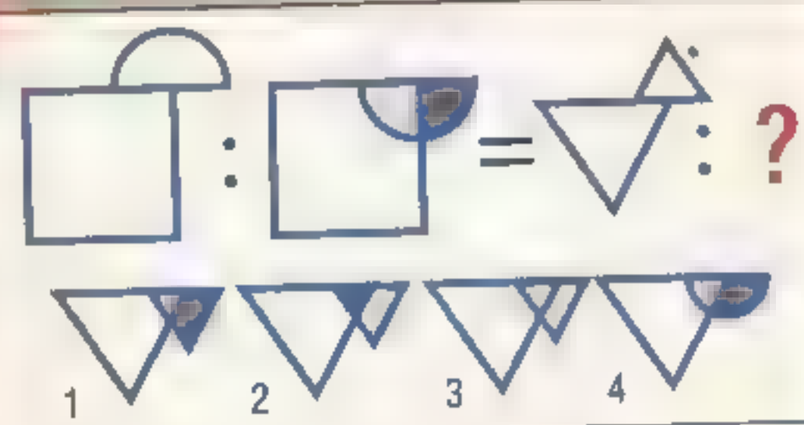
Robert Sternberg schließt sich Dorners prinzipieller Kritik an: „Die meisten von uns scheinen kaum wichtige Probleme in ihrer Arbeit oder im Privatleben zu haben, die in 5 bis 50 Sekunden gelöst werden müssen – wie es aber bei Standardtestaufgaben üblich ist." Doch der Yale-Forscher zieht eine andere Konsequenz: Er berücksichtigt neben der analytischen Scharfe, die andere Autoren als Mittelpunkt geistiger Leistung ansehen, auch gesunden Menschenverstand und Flexibilität des Denkens. Und weil er eine neue Theorie besitzt, erliegt schließlich auch Sternberg der Versuchung, Intelligenz messen zu wollen – und verleiht so der Test-Theorie-Spirale neuen Schwung.

Insgesamt stecken die Psychologen im Dilemma Ohne Tests können sie nicht viel

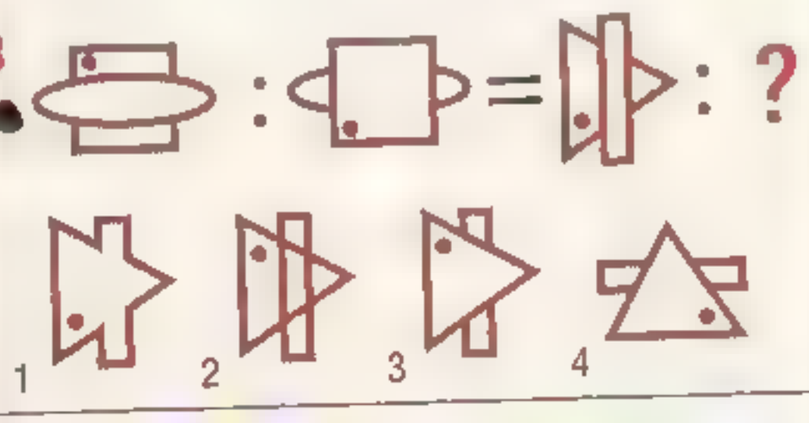
Grafische Analogien

Welche Lösung 1 bis 4 paßt zur dritten Grafik?

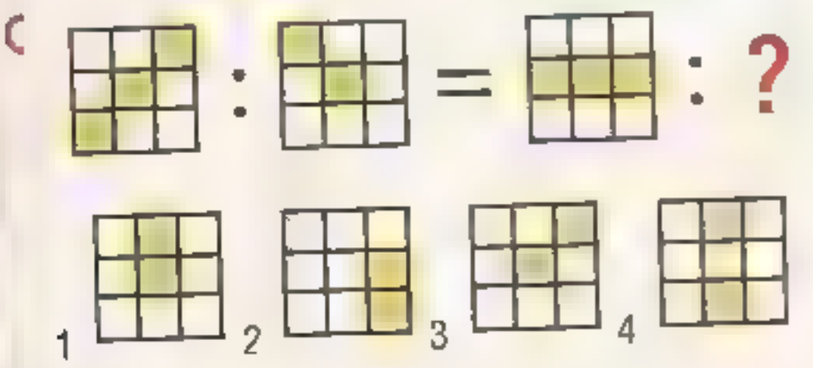
A



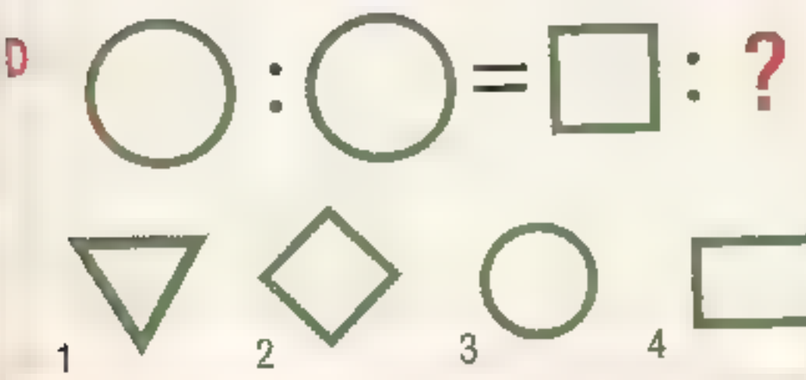
B



C



D



22 Logik-Aufgaben

Welche Schlußfolgerung können Sie aus den Angaben ziehen?

A Der Verbrecher und der Zeuge

Eins von beiden: Entweder ist der Verbrecher mit dem Wagen gekommen, oder der Zeuge hat sich geirrt. Hatte der Verbrecher einen Komplizen, dann ist er mit dem Wagen gekommen. Der Verbrecher hatte keinen Komplizen und hatte den Schlüssel nicht, oder er hatte einen Komplizen und den Schlüssel. Der Verbrecher hatte den Schlüssel.

B Schwarzer Hut, weißer Hut

»Schauen Sie, ich habe funf Hüte«, sagt Herr Pickwick zu seinen drei Schülern, »drei weiße und zwei schwarze. Ich werde jedem von Ihnen einen dieser Hüte aufsetzen, während Sie die Augen schließen. Wenn Sie sie wieder öffnen, kann jeder die Hüte der beiden anderen sehen, aber weder seinen eigenen noch selbstverständlich die nicht verwendeten Hüte. Der erste von Ihnen dreien, der auf logische Weise die Farbe seines Hutes errät, gewinnt eine Goldmünze.« Nach einer Weile, ohne ein Wort gewechselt zu haben, rufen alle gleichzeitig aus, daß ihre Hüte weiß sind. Wie kommen sie zu dieser Schlußfolgerung?

C Landung auf dem Mars

Äußerst komplexe Beobachtungen haben ergeben, daß der Planet Mars unbewohnt ist, bis auf zwei große Städte : Mars-Polis (deren Einwohner nie lügen) und Mars-City (deren Einwohner immer lügen). Die Marsmenschen bewegen sich frei von einer Stadt zur anderen. Manche Bewohner von Mars-Polis halten sich so in Mars-City auf und umgekehrt. Eines schönen Tages landen zwei amerikanische Astronauten in einer der Städte. Sie wissen leider nicht in welcher. Ein Marsmensch nähert sich dem Raumschiff. Der erste Astronaut fragt ihn, ob sie sich in Mars-City befänden. "Nein", antwortet der Marsmensch, der vielleicht lügt, aber andererseits nur mit ja oder nein antworten kann. Der zweite Astronaut stellt ihm dann eine sehr listige Frage, die allein es ermöglicht, die Stadt zu ermitteln, in der sie gelandet sind. Wie lautet die Frage?

über Intelligenz herausfinden, mit Tests aber auch nicht Klugheit, Vernunft und Verstand, Schlauheit, Weisheit und Geist passen eben in kein Schema.

Vielleicht würden sogar die Teilnehmer jenes imaginären Kongresses nach langen Beratungen zu diesem Schluß gelangen. Wahrscheinlich ist das jedoch nicht. Eher könnte es passieren, daß einer von ihnen das bis dahin Gesagte in einer Testaufgabe zusammenfaßt, die mit einer logischen Schlußfolgerung gelöst werden soll – angelehnt an die formale Logik, deren Beherrschung seit langem als Merkmal von Intelligenz gilt.

Obersatz: Was Intelligenztests messen, wird von unserer Gesellschaft honoriert. Tests sind der beste bekannte Indikator für Erfolg im Leben. Untersatz: Intelligenzmessung sagt nichts über die Gabe, das Denken zu organisieren und schwierige Probleme zu lösen.

Welche der folgenden Aussagen ist wahr, wenn Obersatz und Untersatz gelten?

a) Intelligenzmessung ist ein schwieriges Problem.

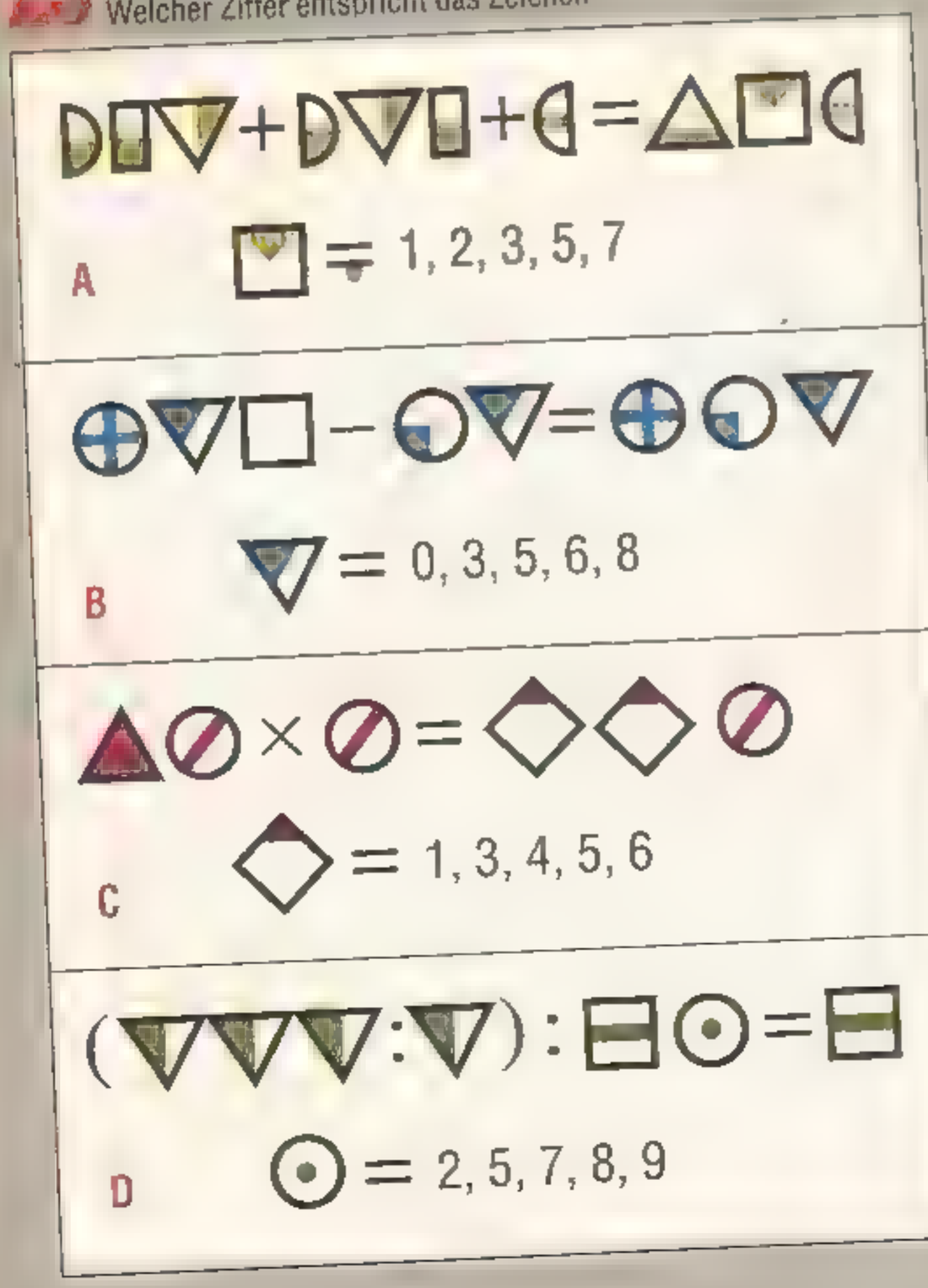
b) Intelligenztests gehen am Leben vorbei.

c) Unsere Gesellschaft legt keinen Wert auf die Lösung schwieriger Probleme

d) Alle obigen Antworten. □

23 Rechnen mit Symbolen

Welcher Ziffer entspricht das Zeichen?



Für Pillen und Elektronik, die den

Hinterher ist man immer klüger

Bei uns erreichen Sie in 30 Minuten, wofür Albert Einstein Stunden brauchte", verheißt das Faltblatt, das vermutlich jedem Besucher des „open mind"-Studios im Zentrum Münchens in die Hand gedruckt wird. Die geistige Fitness im Eiltempo beruht auf Mikroelektronik: Meeresrauschen aus den Kopfhörer, dazu flackerndes Licht unter der futuristisch gestylten dunklen Brille – das Dutzend Lämpchen blinkt mal hektisch, mal ruhig im Takt der Brandung vom Band. „Ihr Gehirn folgt den Lichtern und Tönen in einen Zustand tiefer Entspannung", erklärt eine freundliche Dame dem Neuling die Wirkung einer „megabrain"-Sitzung.

Die angeblich „intelligenzverstärkenden" Geräte – „mindmachines" – werden als High-Tech-Alternative zu autogenem Training und Meditation angepriesen. Die Lichtblitze und Tonsalven sollen das Gehirn in eine Entspannungsphase lotsen und ihm – das behaupten jedenfalls die Hersteller – damit sozusagen auf Kommando zu größerer geistiger Klarheit verhelfen. Vorbild ist ein natürlicher Prozeß: Wenn das Gehirn zur Ruhe kommt, etwa kurz vor dem Einschlafen, nimmt die Frequenz elektrischer Gehirnwellen ab – von einem Wert zwischen 13 und 30 Hertz (Pulsen pro Sekunde) auf 8 bis 12 Hertz; im Schlaf oder bei tiefer Meditation sinkt die Rate sogar unter 4 Hertz.

Psychologen der Universität Essen berichten zwar, daß „mindmachines" Kopfschmerz- und Migränepatienten Linderung verschaffen, Belege für eine Steigerung der geistigen Kräfte durch „Mentalsysteme" sind jedoch rar. Nach einer Untersuchung von Petra Braunschmied-Wolf vom Psychologischen Institut der Universität Wien ließen sich bestimmte intellektuelle Fähigkeiten bei manchen ihrer 60 Testpersonen auf das

Gehirn mehr Leistung entlocken sollen, werden Millionen ausgegeben – der Erfolg bleibt zweifelhaft

Mit der »mindmachine« am Strand: Flackerlicht und echtes Meeresrauschen sollen auf die Hirnaktivität wirken und mehr geistige Klarheit schaffen

Doppelte steigern. Doch diesen Effekt lösen die bis zu 3600 Mark teuren Geräte eben nicht bei jedem aus – auch wenn deren Hersteller Teilergebnisse der Studie als vermeintlich wissenschaftlichen Beweis in ihre Werbebroschüren übernommen haben. „Sie können niemanden zwangsbeglücken", sagt die Wissenschaftlerin: Wer die Gehirn-Disco als unangenehm empfindet, der hat wenig Chancen auf Erfolg.

Statt ihr Gehirn mit der neuen „megabrain"-Technik aus den USA in Schwung zu bringen, greifen die Deutschen ohnehin eher zu „bewährten" Fitmachern auf Vitamin- oder Mineralstoff-Basis. 240 Millionen Mark haben die Bundesbürger 1990 allein für Magnesium- und Vitamin-B-Präparate ausgegeben. Doch bewiesen ist die Wirkung der „Nervennahrung" nicht: Zwar kam 1991 eine amerikanische Studie mit einigen hundert Schulkindern zu dem Ergebnis, ein Cocktail aus 23 Vitaminen und Mineralstoffen steigere den Intelligenz-Quotienten deutlich. Aber die Untersuchung war kaum veröffentlicht, da entbrannte auch schon der Streit darüber, ob die Ergebnisse statistisch signifikant sind. Nach Meinung vieler Experten könnte die Einnahme von Vitaminen lediglich bei Mangelerscheinungen, bedingt etwa durch Krankheit oder falsche Ernährung, die Geisteskraft verbessern – indem sie den Organismus insgesamt stärkt.

Fragwürdig ist auch der Nutzen durchblutungsfördernder Mittel, zu denen Extrakte des Ginkgo-Baums, Roggen-Alkaloide und synthetische Verbindungen der Nikotinsäure zählen. Als Bestandteil von Geriatrika sollen sie den Abbau der Gehirnleistung im Alter eindämmen. Fundierte Belege dafür fehlen allerdings, zumal Mediziner nur selten verkalkte Adern im Gehirn als Ursache für senile Vergeßlichkeit und Konzentrationsschwäche diagnostizieren. Meist sind solche Ausfälle Folge einer irreparablen Zerstörung von Hirngewebe, gegen die eine stärkere Durchblutung gar nicht helfen kann. Der erhoffte Effekt kann vielmehr leicht ins Gegenteil umschlagen: Da die Wirkung nicht auf den Kreislauf im Kopf beschränkt bleibt, sackt das Blut in die geweiteten Adern des Körpers ab.

Schon zu den Psychopharmaka zählen Pharmazeuten die „Nootropika", eine Reihe unterschiedlich wirkender Substanzen, die sämtlich die geistige Leistungsfähigkeit verbessern sollen. Piracetam, der am häufigsten eingesetzte nootrope Wirkstoff, bringt beispielsweise den Gehirnstoffwechsel auf Touren und soll so die Aufmerksamkeit fördern. 1990 betrug der Umsatz der verschreibungspflichtigen Nootropika in der Bundesrepublik rund 85 Millionen Mark. Doch selbst in ihrem Haupteinsatzgebiet, der Behandlung altersbedingter Hirnleistungsstörungen, ist der Nutzen dieser „Intelligenzpillen" umstritten – wiederum, weil sie die eigentliche Ursache der Ausfälle nur selten beheben können. Für gesunde Menschen taugen die Medikamente, deren Nebenwirkungen vom Speichelfluß bis zu Übelkeit und Unruhe reichen, keinesfalls etwa zur Vorbereitung aufs Examen.

Rezepturen gegen den Abfall der „geistigen Spannkraft", gegen Lernschwierigkeiten und Konzentrationsschwäche stimulieren zwar den Umsatz der Pharmabranche – aber selten das Gehirn. Den grauen Zellen vermögen die Pillen und Extrakte eben nicht mehr Leistung abzuringen, als diese im gesunden Zustand erbringen können. Meldungen über Intelligenzschübe durch Glutaminsäure oder Lecithin, durch Ginseng oder Knoblauch hält Franz Jakob Kirsch, Pharmazeut beim AOK-Bundesverband, jedenfalls für reinen Unsinn: „Da ist bei keinem Mittel etwas bewiesen."

Doch gänzlich immun gegen ein wenig Nachhilfe ist das Gehirn nicht. Eine wirksame, wenn auch mühevolle Methode ist „zerebrales Jogging" – ständiges Training des Denkorgans. Und die bewährten „Mnemotechniken", besser bekannt als „Eselsbrücken", schneiden in psychologischen Gedächtnis-Tests deutlich besser ab als „mindmachines" und Pülverchen. Beide Methoden sind übrigens rezeptfrei, preiswert und vollkommen frei von schädlichen Nebenwirkungen.

Hans Haltmeier

Wir Deutsche beschreiben uns gern als das Volk der Dichter und Denker. Doch dem Alltagsverständnis zufolge dient die Kraft des Geistes weniger der Poesie oder Philosophie, sondern vor allem dem Aufstieg im Beruf. In einer repräsentativen Umfrage hat GEO-Wissen erforschen lassen, wie stark die Deutschen Intelligenz mit Erfolg verknüpfen, denn . . .

. . . wichtig ist, was oben raus-kommt

1 Welche Eigenschaften treffen im allgemeinen auf einen intelligenten Menschen zu? Er oder sie...

	Über intelligente Menschen alle Befragten (in %)	über intelligente Frauen Differenz zum Mittelwert (in %)	über intelligente Männer Differenz zum Mittelwert (in %)
ist selbstsicher	65	+6	–6
erfolgreich	63	+3	–2
kann gut reden	59	+8	–7
ist verantwortungsbewußt	58	+3	–4
ehrgeizig	53	+6	–6
hat Gespür für Situationen	52	+2	–3
ist schlagfertig	51	+8	–8
kann sich gut in andere hineindenken	44	+2	–1
ist ausdauernd	37	+6	–6
vernunftbetont	34	+1	–2
sorgfältig	31	+4	–4
sympathisch	30	+5	–5
kooperationsbereit	27	+5	–5
optimistisch	25	+6	–6
technisch begabt	21	–3	+3
gerissen, raffiniert, trickreich	19	0	0
politisch engagiert	17	+7	–7
nicht besonders weiblich, nicht feminin *	11	–	–
überheblich, arrogant	9	+2	–3
menschlich kalt, unnahbar	8	+1	–1
politisch eher links	6	+2	–2
einsam	5	+2	–2
unpraktisch	5	0	0
nicht besonders männlich, nicht maskulin **	4	–	–
unsportlich	4	0	0
politisch eher rechtsstehend	4	0	0
weltfremd	3	0	–1

* wurde nur über intelligente Frauen gefragt

** wurde nur über intelligente Männer gefragt

Wer nach einem »intelligenten Menschen« gefragt wird, denkt oft unwillkürlich an einen Mann. Um also das Image beider Geschlechter unverfälscht zu ermitteln, hat das Institut für Demoskopie Allensbach die Stichprobe geteilt: Eine Hälfte von insgesamt 2165 Bundesbürgern über 16 Jahre wurde im April 1992 nach intelligenten Frauen befragt, die andere nach intelligenten Männern. Die Werte wurden dann gemittelt, um die Meinung über »intelligente Menschen« hochzurechnen. Für alle Daten gelten Fehlerspannen von ± 3 Prozent - kleinere Differenzen können auch rein zufällig entstanden sein

VON EDGAR PIEL

Intelligenz ist vielleicht das am gerechtesten verteilte Gut – jeder glaubt doch wohl, genug davon zu haben. Zwar tun wir uns schwer, zu sagen, was sie eigentlich ausmacht; aber Definitionsprobleme hindern uns kaum daran, andere Menschen nach dem Grad von Intelligenz zu beurteilen, den wir bei ihnen vermuten. Und solange auch die Wissenschaft Probleme hat, „Intelligenz" zu erklären, benutzen wir den Begriff, ohne groß darüber nachzudenken.

GEO-Wissen und das Institut für Demoskopie Allensbach wollten es genauer wissen. Sie haben in einer aktuellen Repräsentativbefragung erforscht, welche Vorstellung die Deutschen von Intelligenz haben: Welche Eigenschaften verbinden sich mit ihr? Wie wichtig wird sie genommen, wenn es um Erfolg im Beruf oder gar um das Glück im Leben geht? Welche Verhaltensweisen gelten als intelligent?

Dabei hat sich vor allem gezeigt, wie stark die Deutschen „Intelligenz" durch die Brille gesellschaftlicher Urteilskriterien sehen: Die Kraft des Geistes ist eng mit sozialen oder beruf-

2 Was braucht ein Mensch, um im Beruf erfolgreich zu sein? Besonders wichtig sind...

	Zustimmung aller Befragten (in %)	Befragte mit Hauptschulbildung im Westen (in %)	Befragte mit höh. Schulbildung, Studium im Westen (in %)
Durchsetzungsvermögen	55	52	58
Ehrgeiz	55	56	53
gute Zeugnis- und Prüfungsnoten	48	59	35
gute Allgemeinbildung	43	45	37
sicheres Auftreten	38	33	41
Einsatzfähigkeit, Belastbarkeit	33	29	39
Optimismus, Selbstvertrauen	32	25	40
Ehrlichkeit	25	32	17
Führungsqualität	19	19	23
Teamgeist	19	18	23
gute Beziehungen, ein Förderer	19	17	22
gute sprachliche Ausdrucksfähigkeit	18	17	19
Fremdsprachenkenntnisse	17	20	14
Kreativität	17	13	22
hohe Intelligenz	17	16	14
daß man auf bestimmten Gebieten ein Spezialist ist	16	20	13
gute Manieren	15	17	11
der Gebrauch der Ellenbogen	14	15	15
Abitur	10	13	7
Mobilität; daß man bereit ist, umzuziehen	10	9	12
daß man ein Mann ist	9	12	6
gutes Aussehen	7	6	7
akademische Titel, z. B. Doktortitel	7	8	7
eine lange Ausbildung	6	9	3
Parteizugehörigkeit	4	4	3
Weiblichkeit	3	5	2
politisches und soziales Engagement	3	3	3
daß man aus einer reichen Familie kommt	3	6	< 0,5

lich vorteilhaften Fähigkeiten verbunden.

Das Allensbacher Institut hat zunächst nach dem Image einer „intelligenten Frau" und eines „intelligenten Mannes" gefragt. Das entstandene Meinungsbild ist sehr freundlich, besonders für „intelligente Frauen". Positive Eigenschaften werden Frauen um etliche Prozentpunkte häufiger zugeordnet als Männern – auch von männlichen Befragten. Nur bei technischer Begabung konnte das „starke" Geschlecht einen kleinen Vorsprung verbuchen (siehe Tabelle 1):

- Im Bereich „Karriere-Orientierung" sagen 71 Prozent der Befragten: „Eine intelligente Frau ist selbstsicher", 66 Prozent tippen auf „erfolgreich", 59 Prozent auf „ehrgeizig".
- Intelligente Frauen besitzen mehr „verbale Kompetenz": 67 Prozent meinen: „Sie kann gut reden", 59 Prozent glauben, sie sei „schlagfertig".
- Beim „sozial-kooperativen Verhalten" erwarten 61 Prozent besonderes Verantwortungsbewußtsein bei intelligenten Frauen, 54 Prozent Gespur für Situationen.
- Frauen liegen jedoch auch bei Attributen wie „arrogant" und „menschlich kalt" vorn. 11 Prozent der Befragten – und zwar nicht viel weniger Frauen als Männer – sprechen intelligenten Frauen die Weiblichkeit ab.

Insgesamt hat es den Befragten offenbar viel mehr Freude bereitet, sich über eine intelligente Frau zu äußern als über einen intelligenten Mann: Die Anzahl der genannten Eigenschaften lag im Schnitt um etwa ein Viertel höher, wenn der Interviewer nach intelligenten Frauen fragte. Die jahrzehntelange Diskussion über diskriminierende und oftmals erniedrigende weibliche Rollenklischees scheint endlich positive Wirkung zu zeigen.

Zugleich belegt die Umfrage aber auch, daß die Klischees noch da sind – unterbewußt. Ein statistisches Verfahren, die sogenannte Faktorenanalyse, erlaubt diesen Blick hinter die Antworten auf dem Fragebogen: Jeder

einzelne überlegt zwar Punkt für Punkt, welcher Antwort er zustimmen will. Doch bei über tausend Befragten zeigt sich ein Muster, nach dem gewisse Eigenschaften immer wieder gemeinsam genannt werden.

Gemäß dieser Denkstruktur ist männliche Intelligenz für die Deutschen von fünf Faktoren – Eigenschaftspaketen – geprägt: Von den genannten positiven Bereichen lassen sich beim Mann nur „Karriere-Orientierung" und „sozial-kooperatives Verhalten" nachweisen, „verbale Kompetenz" als eigenständiger Faktor jedoch nicht. Dafür treten mit „wenig maskulin, unattraktiv, kalt" sowie „gerissen, trickreich" und „weltfremd" deutliche negative Anteile zutage.

3 Woran läßt sich am besten erkennen, ob jemand besonders intelligent ist? Er oder sie...

	Zustimmung aller Befragten (in %)
kann sich über fast jedes Thema unterhalten	49
lernt aus seinen Fehlern und Erfolgen	49
kann Probleme erfolgreich lösen	46
denkt schnell	39
kennt seine Grenzen	36
führt verschiedene Informationen zu einer Lösung zusammen	33
ist einfallsreich, hat Gespür für Lösungen	31
unterscheidet mühelos richtige und falsche Lösungen	28
liest viel	26
hält Ideen für wichtig	25
erforscht alle Seiten eines Problems	23
ist kreativ	20
probiert bei Problemen andere Lösungsansätze aus	19
erkennt Ähnlichkeiten und Unterschiede	15
sucht ungewöhnliche Lösungen	14
versucht zu tun, was andere für unmöglich halten	14
besitzt viel Energie	13
geht Risiken ein	8
ist weise	8
ist gern allein, um Neues zu schaffen	5
besitzt guten Geschmack	5
benutzt alltägliche Dinge, um Neuartiges zu schaffen	4
ist impulsiv	4

Bei Frauen dagegen ist der Faktor der sozialen Tugenden facettenreicher: Bei „ihr" gehören Verantwortungsbewußtsein und Sorgfalt untrennbar zur Kooperationsbereitschaft und dem Gespür für Situationen; bei „ihm" werden diese Eigenschaften zwar nicht viel seltener genannt, aber auch nicht im gleichen Atemzug. Außerdem fehlen bei Frauen „Gerissenheit" und „Weltfremdheit". Gewiß ist es eine Frage der Interpretation, wie beides zu bewerten ist: Weibliche Intelligenz wirkt freundlicher, aber auch harmlos und betulich. Es ist anscheinend tabu, einer intelligenten Frau auch negative Absichten zu unterstellen.

Daß darin Klischees fortleben, zeigt eine weitere statistische Analyse. Sie errechnet die Distanz der Faktoren voneinander und liefert so quasi Einblick in die „Vorstellungslandschaft" der Befragten. Dabei wird sichtbar, daß „Karriere-Orientierung" das Gesamtbild weiblicher Intelligenz deutlich zur „Unweiblichkeit" verlagert. Eine Frau, die offen eine Karriere anstrebt und dabei nicht auf „mütterliche" Tugenden setzt, gilt also schnell als unattraktiv. Der Intelligenz von Männern aber verleiht der Karriere-Wille eine zusätzliche Dimension: Er macht den Mann interessanter.

Für Frauen kann dieses Ungleichgewicht handfeste Folgen haben. Denn ähnliche Eigenschaften stehen ganz oben, wenn nach den Voraussetzungen für beruflichen Erfolg gefragt wird (Tabelle 2): Jeweils 55 Prozent der Bundesbürger setzten dabei „Durchsetzungsvermögen" und „Ehrgeiz" an erste Stelle. Danach folgen „gute Prüfungsnoten" mit 48 Prozent und „gute Allgemeinbildung" mit 43 Prozent. Insgesamt liegen viele Eigenschaften vorn, die ohne Intelligenz nicht denkbar sind, für die Intelligenz aber nicht ausreicht. Deswegen wohl landet die Antwort „hohe Intelligenz" mit nur 17 Prozent Zustimmung abgeschlagen auf dem 15. Platz.

Dabei ist eine erstaunliche Zweiteilung je nach Bildungsgrad zu erkennen: Befragte mit Hauptschulabschluß halten eher formale Qualifikationen – wie Abschlüsse und Schulnoten – für wichtig, Befragte mit höherer Schulbildung oder Studium dagegen das Verhalten im Beruf, etwa Teamgeist und Führungsqualitäten. Eine

4 Woran läßt sich am besten erkennen, ob jemand besonders kreativ ist? Er oder sie...

	Zustimmung aller Befragten (in %)
hält Ideen für wichtig	59
ist einfallsreich, hat Gespür für Lösungen	43
sucht ungewöhnliche Lösungen	39
benutzt alltägliche Dinge, um Neuartiges zu schaffen	32
versucht zu tun, was andere für unmöglich halten	30
kann Probleme erfolgreich lösen	27
probiert bei Problemen andere Lösungsansätze aus	27
ist intelligent	26
besitzt viel Energie	26
führt verschiedene Informationen zu einer Lösung zusammen	24
lernt aus seinen Fehlern und Erfolgen	23
denkt schnell	20
geht Risiken ein	19
kann sich über fast jedes Thema unterhalten	19
erforscht alle Seiten eines Problems	16
liest viel	16
ist impulsiv	16
ist gern allein, um Neues zu schaffen	14
erkennt Ähnlichkeiten und Unterschiede	13
besitzt guten Geschmack	12
kennt seine Grenzen	12
unterscheidet mühelos richtige und falsche Lösungen	11
ist weise	6

denkbare Erklärung ist, daß Menschen mit niedrigerem Bildungsgrad ihren geringeren Erfolg verfehlten Qualifikationen ankreiden, während sich die höher Gebildeten für ihren Erfolg selbst auf die Schulter klopfen.

Wie aber erkennen die Menschen Intelligenz im Alltag? Und wonach beurteilen sie Kreativität? Für beide Erhebungen legten die Interviewer den Befragten die gleiche Liste mit Eigenschaften vor. Sie enthielt neun mögliche Beschreibungen für Intelligenz, neun für Kreativität sowie vier ambivalente Kriterien; die Befragten sollten jeweils die fünf wichtigsten Attribute angeben.

Vor allem drei Eigenschaften zeichnen demnach einen intelligenten Menschen aus (Tabelle 3):

● Erstens kann er oder sie sich über fast jedes Thema unterhalten; das macht zumindest auf 49 Prozent der Befragten einen intelligenten Eindruck – besonders bei Menschen mit einfachem Schulabschluß, die sich oft über das Gesagte kein Urteil zutrauen.

● Zweitens darf ein intelligenter Mensch auch Fehler machen, aber er muß daraus lernen. Das meinen ebenfalls 49 Prozent aller Befragten, bei Selbständigen und Freiberuflern sogar 64 Prozent.

● Drittens kann, wer intelligent ist, Probleme erfolgreich lösen. Das glauben 46 Prozent.

Weitere Antworten folgen dichtauf; es scheint, als könnten die Befragten ihr Alltagsverständnis von Intelligenz in der Liste recht gut wiederfinden.

Dagegen bleibt das Bild der Kreativität auf dem Niveau eines Schlagwortes stehen (Tabelle 4). Das Profil wird zwar erkennbar, ist aber nur schwach belichtet: Ganz vorn liegt „hält Ideen für wichtig" – ein ambivalentes Kriterium, denn „Idee" läßt sich sowohl als kreativer Einfall verstehen als auch als intellektueller Gedanke. Zur zweitplazierten Eigenschaft „ist einfallsreich, hat Gespür für Lösungen" klafft dann ein Abstand von 16 Prozentpunkten.

Für eine gewisse Ratlosigkeit bei den Befragten spricht auch, daß die Eigenschaft „ist intelligent" recht hoch auf dem 8. Platz liegt, während „ist gern allein, um Neues zu schaffen" auf dem 18. Rang landet – obwohl die schöpferische Aktivität hier ausdrücklich genannt ist. Bei der Schaffenskraft sind unsere Definitionsprobleme also noch größer als schon bei der Gei-

5 Sind intelligentere Menschen alles in allem glücklicher oder unglücklicher? Sie sind...

	Zustimmung aller Befragten (in %)
glücklicher	11
unglücklicher	9
Glück hat mit Intelligenz nichts zu tun	70
unentschieden, weiß nicht	10

steskraft – vielleicht, weil es für Kreativität keinen Begriff im Alltag gibt, mit dem sie so eng verknüpft wäre wie Intelligenz mit Erfolg.

Fühlen sich also intelligente Menschen glücklicher, weil sie erfolgreicher sind? Der Dichter Gottfried Benn behauptete das Gegenteil: „Dumm sein und Arbeit haben, das ist das Glück." Benns schnodderiger Zynismus wurde später durch ein Aperçu des Philosophen Peter Sloterdijk ergänzt: „Intelligent sein und dennoch seine Arbeit verrichten – das ist unglückliches Bewußtsein in der modernisierten, aufklärungskranken Form". Dennoch meinen 70 Prozent der Deutschen: „Glück hat nichts mit Intelligenz zu tun" (Tabelle 5).

Trotz dieses überwältigenden Votums kommen Zweifel auf, wenn wir den von Benn und Sloterdijk ins Spiel gebrachten Faktor Arbeit betrachten.

6 Was ist wichtiger für die Entwicklung: Umwelt oder Vererbung? Entscheidend ist die...

	für allgemeine Entwicklung alle Befragten (in %)	alle Befragten (in %)	16-29jährige (in %)	30-44jährige (in %)	45-59jährige (in %)	über 59jährige (in %)
Umwelt	45	31	38	31	30	24
Vererbung	10	23	18	20	24	32
beides gleich	40	42	40	46	42	39
unmöglich zu sagen/weiß nicht	5	4	4	3	4	5

Ein Mangel an jenen Fähigkeiten, die in der gesamten Umfrage mit Intelligenz verquickt sind, führt häufig zu geringen Chancen auf dem Arbeitsmarkt. Falls also Glück an Erfolg gekoppelt ist, dann sind auch Intelligenz und Glück – nicht in jedem einzelnen Fall, aber statistisch nachweisbar – eng miteinander verknüpft.

Aus dieser Verbindung bezieht der alte Streit der Wissenschaftler, ob Intelligenz vor allem ererbt oder durch die Umwelt geprägt wird, einen Teil seines Zündstoffes. Denn wer den Schlüssel für Geisteskraft in den Genen sucht, erweckt leicht den Eindruck, er wolle vorhandene Differenzen zementieren.

Der Glaube an die Vererbung nimmt aber offenbar ab (Tabelle 6): Zwar äußern 23 Prozent der Bevölkerung, Intelligenz sei vor allem erblich – fast anderthalbmal so viele wie bei anderen persönlichkeitsprägenden Eigenschaften. Aber darunter sind deutlich mehr ältere Menschen, die zu 32 Prozent an Vererbung glauben. Und bei den Jüngeren ist ein Trend weg vom Erbe sichtbar. Die meisten halten das Zusammenwirken von Erbe und Umwelt für entscheidend: „Beides ist gleich wichtig", sagen 42 Prozent aller Befragten.

Intelligenz – und damit letztlich auch Erfolg – ist für viele Deutsche also Produkt der Verquickung von angeborener Begabung, eigenem Verhalten und den Chancen, welche die Umgebung bietet. Wer will, kann somit glauben, daß Erfolg zwar „ungerecht", Intelligenz aber „gerecht" verteilt ist. □

Dr. Edgar Piel, 46, ist seit zwölf Jahren Meinungsforscher am Institut für Demoskopie Allensbach

100 000 Mitglied

VON HERMANN UNTERSTÖGER

Es gibt Witze, in denen nach jemandem gefragt wird, der das Kind seines Neffen ist und gleichzeitig der Schwager seiner Oma (so ähnlich jedenfalls), und wo die Lösung dann lautet: „Ich selbst." Oder: „Genscher."

Wer diese Witze nicht kennt, tut gut daran, mit einem „Haha!" oder „Ich verrat' nix!" Kennerschaft wenigstens vorzutäuschen. Von selbst wird er nämlich nie auf die Lösung kommen, es sei denn, er verfügt über die mathematisch-logische Intelligenz, die auch mit Aufgaben jenes Typs fertig wird, wie man sie uns in der Schule vorsetzte: Ein Zug fährt um 11.47 Uhr mit 93 km/h von A nach B, ein anderer um 12.09 Uhr mit 124 km/h von B nach A. Wann und wo treffen sich beide, wenn Zug zwo noch dazu durch Kühe auf den Gleisen just so lange aufgehalten wird, wie 412 Arbeiter für eine Grube brauchen, die einer in zweieinhalb Monaten aushebt? Wer damals dem Lehrer vorschlug, das Ganze doch einfach nachzustellen, dem wurde mit Hohn in der Stimme prophezeit, daß ihm die eisklare Pracht des Dreisatzrechnens wohl für ewig verschlossen bleiben dürfte.

Mensa ist keine Kantine, sondern eine Vereinigung hochintelligenter Leute. Sie hat weltweit etwa 100 000 Mitglieder mit einem Intelligenz-Quotienten (IQ) von über 130, was sie berechtigt

de: .at ein Verein, für den allein die Höhe des IQ zählt

MENSA-CLUB

Trau keinem unter 130

sich selbst als „talentiert", wenn nicht gar als „genial" einzustufen. Die hätten – und haben – an solchen Rätseln Spaß, vom Erfolg nicht zu reden: Anders als der Reporter (mit seinen schätzungsweise 100 Punkten auf der leider auch nach unten

weit offenen IQ-Skala) lösen sie dergleichen im Nu.

Da sie auf ihren Ruf sehen, üben sie sich in Bescheidenheit. Wer ihnen von seinen Regeldetri-Komplexen berichtet, den trösten sie mit dem milden Hinweis, daß diese Art von In-

telligenz nicht alles sei, daß selbst blitzgescheite Leute im Leben oft über den Amtmann nicht hinauskämen.

So gut das tut, es bleibt ein Nagen: Warum sind die so vif? Beziehungsweise: Welche Ekstasen entgehen unsereinem, nur weil er mit

den Kühen auf dem Gleis nicht klarkommt?

Unsere Gewährsleute bei Mensa heißen, wie wenn sie's auf Alltäglichkeit angelegt hätten, Schultz: Schultz mit tz. Wo Kiel ins Ländliche ausfranst, wohnen sie – Udo und Sigi mit den Kindern Mareike und Amelie – in einem gut 70 Jahre alten Häuschen, das beim Bau so klug plaziert wurde, daß davor noch eins hinpaßte, welches nun den auf der Hofholzallee produzierten Verkehrslärm abschirmt. Im Hof: einer der größten und gutmütigsten Mischlingshunde des Norddeutschen Tieflands.

Sigi Schultz, eine geborene Kokerbeck aus Hamburg, hat wie ihr Mann Udo jenen Intelligenz-Quotienten, der sie von 98 Prozent der Bevölkerung abhebt. Ist sie genial? „Ich weiß, daß ich nicht ganz doof bin", sagt sie, und bei Spekulationen daruber, ob sich ihre Talente moglicherweise in Mareike, 6, und Amelie, 3, forterben könnten, verweist sie nur auf den Umstand, daß schon der Großvater der Mädchen als ausgesprochen „plietsch" gegolten habe (laut Duden: schlau, pfiffig, gewitzt).

Plietsch zu sein – das hat Menschenmaß. Kommt mit dem IQ das Elitäre, hierzulande also leicht Anrüchige, ins Spiel, wird die Sache komplizierter. Man erkennt das daran, daß die Medien alsbald auf die launigsten Ausdrücke verfallen, „Eierköpfe" oder „Intelligenzbe-

Der 1946 in Großbritannien gegründete Club boomt: Di

stien", wo sie doch auch von „Hochbegabten" berichten konnten

Die Hochbegabung, ein Kreuz? Sigi Schultz sieht das nicht so drastisch, mag sie gleich eingestehen, daß sie es sich, nachdem sie mit drei Jahren Xylophon spielte und bald auch dem Lesen oblag, in der Schule leicht machte. Allzuleicht wahrscheinlich, was zu Nachlässigkeit führte und sich später beim Studium der Informatik rächte. Ihre „Beichte" legt ganz nebenbei ein altes Thema frei: Daß Hochbegabte und Lernbehinderte im Grund vor ähnlichen Problemen stehen und der schulischen Förderung mehr bedürften als das liebe Mittelmaß. Jetzt, da die Kinder aus dem Gröbsten heraus sind, feilt Frau Schultz mittels einer Arbeit über „Petri-Netze" an ihrem Diplom (das hat nichts mit Fischen im See Genezareth zu schaffen, sondern im weitesten Sinn mit Computerprogrammen).

Wer nun glaubt, es lebe sich gefährlich kopflastig in einem Haushalt, in dem die Frau Petri-Netze einholt, der Mann Entwicklungsdirektor von Mensa International ist, die Kinder aber einen plietschen Opa haben, der täuscht sich. Da ist der ökologisch ambitionierte Garten zu besorgen; da muß für Amelies Puppe ein Jäckchen gestrickt werden; da gibt es zwei Chöre, denen man angehört – kurzum: Dem Alltag entgeht auch der Eierkopf nicht. So etwas wie frühes kaufmännisches Genie blitzt allenfalls auf, wenn Mareike und Amelie aus Papiertaschentüchern „Duftblumen" basteln und diese vorn an der Straße für zehn Mark je Stück verkaufen wollen. Dergleichen muß in Bahnen gelenkt werden. Die Mutter besorgt dies, indem sie einen Stückpreis von zehn bis zwanzig Pfennig ins Gespräch wirft. Das Geschäft verläuft dann, so oder so, derart träge, daß der Reporter es als Ehrensache und mäzenatische Aufgabe ansieht, eins der Gebilde für eine Mark an sich zu bringen.

Platte und steile Witze scheinen den mit Genie Beladenen als Entlastung zu dienen

Wie im kleinen, so im großen: Auch bei Mensa ist es keineswegs so, daß die Mitglieder, wo immer sie sich treffen, alsbald einen Diskurs über die Quantenmechanik oder das Simulakrum bei Baudrillard vom Zaun brechen. Das soll nicht heißen, daß sie, zum Teil wenigstens, dazu nicht in der Lage wären – o nein. Nur: Wer länger in diversen Mensa-Schriften blättert, dem Info-Heft etwa oder der Vereinszeitschrift „Bagatelle", der kommt sich nach einiger Zeit vor, als sei er blinder Passagier auf einem Narrenschiff ohne Steuermann (wobei gleich die Anmerkung gemacht werden muß, daß gehobene Narretei grundsätzlich als eine äußerst menschenwürdige Beschäftigung einzuschätzen ist).

Auch Narretei will belegt sein, und so greifen wir denn blindlings in die „Bagatelle" Nr. 82, wo auf der Seite 26 „Agates Alternativer Single-Service" (AASS) einen Kochvorschlag macht: Gemüsetopf *brighetto*. Das Rezept läuft darauf hinaus, daß man allerlei Gemüse auf dem Elektroherd verbrennt und dann „mindestens vier Fenster auf Durchzug" stellt. Tja. Die Seite vis-à-vis bringt Witze, klugerweise schon unter dem Titel „Vorwiegend traurig". Hier ein Muster: „Ich habe gehört, deine neue Freundin sei ein Zwilling. Wie kannst du die beiden denn auseinanderhalten?" – „Och, ganz einfach, sogar im Dunkeln, ihr Bruder hat nämlich einen Bart." Und abermals: tja.

Nicht fair? In Ordnung, Pardon! Wir haben diese Pennälerscherze ja nur zitiert, um zu zeigen, wie allerschwerst kindisch die mit Genie Beladenen sein können, wie unabweisbar gerade in solchen Kreisen das Bedürfnis zu sein scheint, in Jokes, steilen und platten, Entlastung zu suchen. Einstein, wie er – bäh! – die Zunge rausstreckt: Wer hätte das nachgerade klassische Foto nicht schon gesehen? Auch im Mensa-Informationsheft ist es zu finden, als Antwort an all jene, die den gescheiten Verein verreißen ...

Im Ernst also: Mensa, 1946 in England gegründet, ist eine überparteiliche, konfessionell neutrale Vereinigung, in der jede mögliche Schrulle gedeiht, den Hochmut offenbar ausgenommen. Victor Serebriakoff zum Exempel, der Ehrenpräsident des Bundes und ein Mann, an dessen Rätselbüchern kleinere Hirne zerschellen, Serebriakoff also sieht sein Mensaner-Dasein mit einem Understatement, das ihn ehrt (und jeden Außenseiter ermutigt): „Meine zahlreichen Mensa-Reisen durch Amerika und Europa waren eine schiere Freude. Weit über seinen Wert eingeschätzt zu werden ist peinlich, aber sehr nett!"

Neuerdings eröffnet sich für Mensa ein ergiebiger Markt: Der Osten Europas, in dem die „Superhirne" – auch so ein Synonym – lange Zeit der Systemwidrigkeit höchst verdächtig waren. Aus Bulgarien werden 800 neue Mitglieder gemeldet, und in Moskau, wo sich 300 Leute einem IQ-Test stellten, gewann Mensa 120 Neuzugänge. Der Dresdener Michael Nitsche, der jetzt in London studiert, war schon zu Zeiten der untergegangenen DDR Mitglied, allerdings im geheimen; jetzt ist er offen dabei und kann seinem Steckenpferd, der Lumomonstrologie, so ungeniert nachgeben, wie es exquisiteren Hobbys wohl auch zukommt.

Es ist aber die Lumomonstrologie nichts Geringeres als die Lehre von den mißgestalteten Streichhölzern, solchen etwa, deren Köpfe quasi siamesisch verschmolzen sind – ein des Studentenschweißes sicherlich werter Gegenstand. Womit wir bei den SIGs wären, den *Special Interest Groups*, von denen es weltweit etwa 300 gibt, in Deutschland 15. Die ernsten

»Intelligenzler« aus dem Osten Europas kommen

Themen, Alzheimer zum Beispiel, spielen in diesen Gruppen die geringere Rolle; beliebt ist die nicht alltägliche Spitzfindigkeit, wie sie etwa von einer Ziegen-SIG gepflegt wird: Deren Forschungen erstrecken sich auf das gewiß nicht einfache Leben mit diesen eigenwilligen Geschöpfen (wobei auch Schaf-Wissen eingebracht werden darf).

Die internationale Kameradschaft, die so gestiftet und erhalten wird, hat den Schultzens voriges Jahr eine hübsche Weihnachtsbescherung eingetragen. Riefen da doch eines Abends dänische Mensa-Freunde an: Sie seien mit hundert unverkauften Nordmannstannen in Berlin und wollten die nur ungern wieder mit nach Hause nehmen. Ob wohl Freund Schultz seinen Garten . . .? Freund Schultz sagte ja und erwachte tags darauf durch ein zischendes Geräusch. Das waren die Nordmannstannen, die vom Lkw in seinen Garten segelten; Schultz verkaufte sie zum Selbstkostenpreis in seiner Bekanntschaft.

Der Reporter ist mit Udo Schultz nun so verblieben, daß der ihn anruft, sollten irgendwelche Nordmänner – Dänen oder Tannen oder beides – heuer ein zweites Mal kommen. Und wenn Schultz sich dann weder von Mareike noch von Amelie den Preis diktieren laßt, könnte es leicht sein, daß nach der Duftblume auch noch ein Christbaum über den Tisch (lat.: *mensa*) des Hauses geht. □

DAS GEHEIMNIS DES

GENIALEN

Was befähigt manche Menschen zu Geniestreichen, wenn sie forschen, komponieren, schreiben oder Schach spielen? Sie verfügen, so der amerikanische Psychologe Howard Gardner, über ausgeprägte, spezielle Formen von Intelligenz – sprachliche, musikalische, logisch-mathematische, räumliche oder personale. GEO-Wissen-Autor Wolfgang Nagel und Wilfried Krüger (Fotos) sind diesen Spielarten der Kreativität nachgegangen. Sie haben »Prototypen« aufgespürt und deren Spitzentalent analysiert – auch das eines schrecklichen Diktators; denn Begabung ist moralisch wertfrei und wirkt sich nicht immer zum Wohle der Menschheit aus

Vom Botenjungen zum Erfinder: Michael Faraday – hier seine Büste vor einem »Faraday-Käfig«

MICHAEL FARADAY

Der zündende Funke

Als der 13jährige Michael Faraday 1804 die Schule verließ, deutete nicht das mindeste darauf hin, daß er einmal einer der größten Experimentalphysiker aller Zeiten werden würde. Im Gegenteil: Mit seiner dürftigen Ausbildung hätte er bestenfalls in die Fußstapfen seines Vaters treten können, der als Schmied die fünfköpfige Familie mehr schlecht als recht durchbrachte. Doch er probiert nicht einmal das, statt dessen läßt er sich als Laufbursche bei der Londoner Buchhandlung Riebau anstellen.

Der Job erweist sich als Glücksfall. Ein Jahr später kann Faraday bei Riebau eine siebenjährige Lehre als Buchbinder beginnen, die den Botenjungen mit der Welt des Wissens in Berührung bringt. Und da springt der Funke über. Mit brennendem Bildungseifer, wie er vielen Hochbegabten eigen ist, schmökert er in allem Gedruckten, das ihm in die Finger kommt.

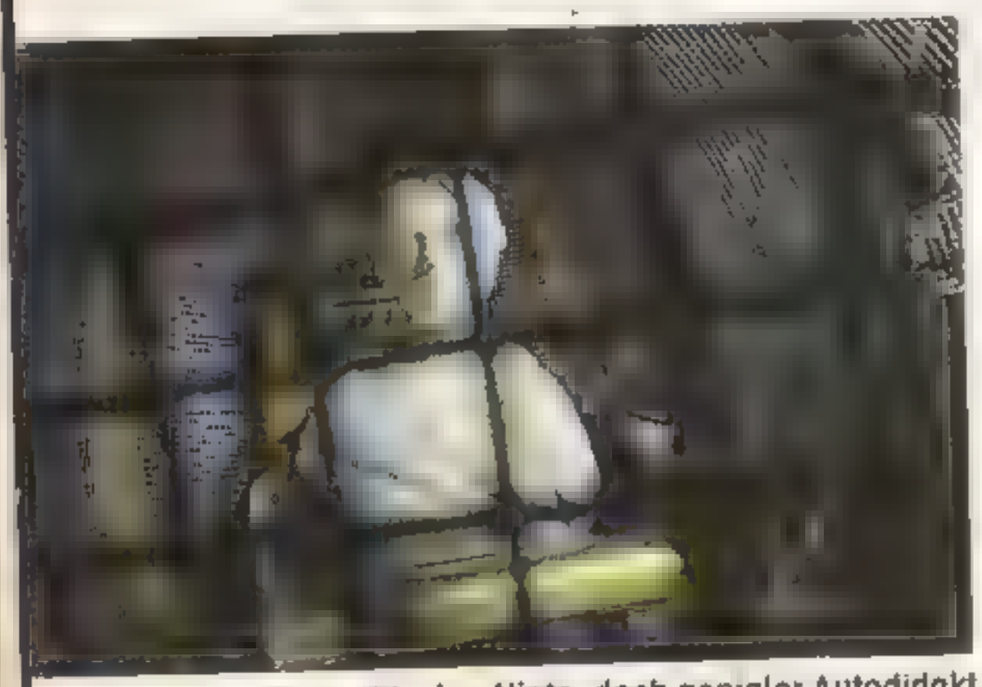
Der Zufall spielt ihm zwei Bücher zu, die sein Leben bestimmen. Das eine ist der Band E der „Encyclopaedia Britannica" mit dem Artikel über Elektrizität. Das andere ist Isaac Watts populärer Leitfaden von 1741 „On the Mind" mit Anleitungen zum Selbststudium. Die Lektüre lehrt den wißbegierigen Azubi das Lernen. Er hält sich so strikt an die Maximen des Autors, als wären sie speziell für ihn geschrieben. Tatsächlich klingen manche Sätze im nachhinein wie ein Appell an seinen Forscherdrang: „Lasset die Hoffnung,

neue Entdeckungen zu machen, . . . von Tag zu Tag Euren Fleiß aufmuntern. Glaubet nicht, daß die Wissenschaften zur Vollkommenheit gelangt sind", liest er, und: „Ei, warum sollten sich nicht in jeder Wissenschaft Newtons finden können?"

Mit Ausdauer und Zielstrebigkeit macht Faraday die Defizite seiner Schulbildung wett. Er besucht wissenschaftliche Vorträge und arbeitet, getreu Isaac Watts Goldenen Regeln, das Gehörte anschließend in seinem Notizheft sorgfältig aus: Michael Faraday, der klassische Autodidakt.

Und noch einmal hat er Glück. Einer der Vortragenden, Humphry Davy, macht den Buchbindergesellen 1813 für kümmerliche 25 Shilling Wochenlohn zu seinem Laborgehilfen und nimmt ihn mit auf eine zweijährige Europareise. Sie ist zweite Lehre und Praktikum in einem. Faraday erlebt Davy, den damals bedeutendsten Chemiker Englands, hautnah bei der Arbeit und wächst hinein in das Netzwerk der Wissenschaftler Europas. Bald ist er einer von ihnen. 1816 hält er in einem Londoner Diskussionszirkel seine erste Vorlesung. Der bescheidene Forscher macht als Chemiker und Physiker Karriere, ohne je eine Universität besucht zu haben (was übrigens im England des 19. Jahrhunderts nicht ungewöhnlich ist), er entdeckt das Benzol (1825) und wird Direktor der Royal Institution. Aber seine volle Kreativität hat er bis 1830 noch nicht entfaltet. Er ist in der Naturwissenschaft einer der wenigen absoluten Spätentwickler – zum Vergleich: Einstein veröffentlichte mit 26 Jahren seine spezielle Relativitätstheorie –, und je älter er wird, desto bedeutender sind die Fragestellungen. Mit 40 gelingt ihm der erste Coup. Er erbringt den Nachweis für die elektromagnetische Induktion, der in krassem Gegensatz zu den Theorien seiner Zeit steht und dem Elektromotor und Dynamo den Weg bereitet.

Wie sich herausstellt, hatte Faraday das Phänomen bereits 1825 bei ähnlichen Experimenten beobachten können – der vermutete Effekt ist damals seiner sonst so scharfen Aufmerksamkeit entgangen.



In Mathematik eine Niete, doch genialer Autodidakt

Er konnte störrisch sein wie ein Esel

Daß sich der allzeit optimistische Tüftler durch derlei Fehlschläge sechs Jahre lang nicht beirren ließ, zeugt von der Beharrlichkeit, die Neuerer auszeichnet. „Wenn er von einer Theorie überzeugt war, konnte er störrisch sein wie ein Esel", charakterisiert ihn sein Freund John Tyndall. Faraday selbst sieht Rückschläge ganz nüchtern als tägliches Brot des Forschers. „Die Welt weiß kaum, wie viele Gedanken und Theorien . . . von strenger Selbstkritik oder nach negativen Prüfungen in aller Stille begraben werden."

Es ist nicht leicht, dem genialen Denken des unermüdlichen Arbeiters – sein Credo „work, finish, publish" – auf die Spur zu kommen. Der Physiker Friedrich Kohlrausch staunte: „Er riecht die Wahrheit." Hermann Helmholtz bewunderte Faradays „untrüglichen Instinkt".

Bei einer Analyse seiner Laborbücher fiel der Psychologin Elspeth Crawford die erstaunliche Offenheit seines Denkens auf. „Die Eintragungen zeigen oft keinerlei inneren Zusammenhang. Er verfolgt viele Ahnungen und Nebenaspekte gleichzeitig, ohne die Ideen zu werten und in einen Gesamtzusammenhang zu stellen. Die Klärung geschieht nicht durch rationale Analyse von vorangegangenen Ideen, sondern . . . wird unmittelbar aus dem Chaos der Gedanken gewonnen, die er erlebt."

Daneben offenbarte der Entdecker des elektrisch feldfreien Raums („Faraday-Käfig", 1836) eine überraschende Schwäche. Als Autodidakt konnte er sich vieles beibringen, nur die Mathematik blieb für ihn ein Buch mit sieben Siegeln. Faraday selbst erklärt das mit seinem schlechten Gedächtnis. Eine andere Bemerkung – „Ich war nie fähig, mir eine Sache anzueignen, ohne sie gesehen zu haben" – verrät einen Mangel an abstraktem Denken. Jedenfalls hat er Probleme, sich in die mathematische Zeichenwelt hineinzudenken, und vergißt im Laufe einer Rechnung, wofür die Buchstabensymbole stehen.

Dem amerikanischen Kognitionsforscher Thomas G. West zufolge sind solche scheinbaren Paradoxien, bei denen sich ein außerordentliches Talent eine unvermutete Blöße gibt, nichts Ungewöhnliches. Manche Kenner behaupten zwar, mit einer mathematischen Ausbildung hätte Faraday das Zeug für noch weitergehende Entdeckungen gehabt; wahrscheinlicher ist jedoch, daß er dann überhaupt nicht so weit ins Neuland vorgestoßen wäre, wie der Engländer James Clerk Maxwell vermutet, der die Ideen seines Freundes Faraday in mathematische Formeln übersetzte („Maxwellsche Gleichungen"). Gerade weil Faraday nicht in mathematischen Kategorien gedacht habe, habe er die Probleme anders angehen und lösen können.

Inspirationen aus »1001 Nacht«

Faraday entwickelte seine Ideen eher wie ein Künstler, nämlich kraft seiner Imagination. „Glaube nicht, daß ich ein besonders tiefer Denker war", schrieb er einmal seinem Schüler John Tyndall, „ich war äußerst phantasievoll, an ‚1001 Nacht' konnte ich genauso glauben wie an die ‚Encyclopaedia Britannica'. Aber die Fakten waren wichtig für mich. Ich . . . unterzog jede Behauptung einem Kreuzverhör."

Wenn er das magnetische oder elektrische Kraftfeld erforschte, hatte er eine optische Vorstellung davon im Kopf und versuchte in zahllosen Experimenten eine Bestätigung dafür zu gewinnen. Statt vom Einzelfall auf das Ganze zu schließen, hatte er eine Vision vom Ganzen, die er auf den Prüfstand stellte und bis in alle Einzelheiten zu belegen trachtete. Dies ist denn auch Faradays größtes Verdienst: Er hat die Wissenschaft von der induktiven Grundlage befreit. Das Experiment nahm einen neuen Platz ein, als Überprüfung, nicht als Ersatz der Phantasie.

VIRGINIA WOOLF

Schreiben wie im Wahn

Die Frau mit dem leichten Silberblick, die 1928 von der „Arts Society" in Cambridge zu zwei Vorträgen eingeladen wurde, war eine prominente Schriftstellerin auf dem Hohepunkt ihres Schaffens. Die Rezensenten ihrer Bücher griffen bisweilen sogar zu der Vokabel Genie. Und doch schätzten damals nicht alle Zuhörerinnen – es befanden sich ausschließlich Frauen im Auditorium – die Bedeutung ihres Gastes richtig ein.

Virginia Woolf hatte sich zwar in der männliche Domäne der Literatur höchsten Respekt verschafft, aber erst im Rückblick sollte sie sich auch als Mitbegründerin des modernen Romans und somit als eine der literarischen Leitfiguren des 20. Jahrhunderts erweisen. Ebenso wie James Joyce und Marcel Proust ging es ihr nicht mehr darum, die Wirklichkeit möglichst genau abzubilden. Sie bezweifelte sogar, daß dies möglich sei, da Wirklichkeit nur das ist, was uns Bewußtsein dafür hält. Daher konzentrierte sie sich ganz auf die subjektive Wahrnehmung und versuchte, die Strömungen des Bewußtseins bis in alle Verästelungen zu beschreiben. Zwischen 1919 und 1927 – in den Romanen „Jakobs Raum", „Mrs. Dalloway" und „Die Fahrt zum Leuchtturm" – trieb sie die Form des inneren Monologs zur Vollkommenheit.

Doch nicht darüber sollte die 46jährige Autorin am Newnham College referieren, sondern über ein Thema „Frauen und Literatur". Ein etwas diffuser Titel. Unausgesprochen warf er die Frage auf, worum die bedeutenden

Dearest,

I want to tell you that you have given me complete happiness. No one could have done more than you have done. Please believe that.

I know that I shall never get over this. I am wasting your life. In this madness, these days can happen to me.

I can't work. I fear will be much better without me. You do. I can't write this even, which shows I am right.

I want to say is that until this illness came on we were perfectly happy. It was all due to you.

No one could have been so good as you have been from the very beginning till now. Everyone knows that.

V.

Tragisch dem Schreiben verschrieben: Virginia Woolf und der letzte Brief an ihren Mann

mane meist von Männern geschrieben werden. Weil Schriftstellerinnen weniger begabt sind? Virginia Woolf antwortete klipp und klar, was ihnen fehlte, seien 500 Pfund im Jahr und „ein Zimmer für sich allein". Denn, so fährt sie fort, „intellektuelle Freiheit hängt von materiellen Dingen ab. Dichtung hängt von intellektueller Freiheit ab. Und Frauen sind immer arm gewesen, nicht nur seit 200 Jahren, sondern seit aller Zeiten Anfang."

Sie selbst personifizierte gewissermaßen die Ausnahme der Regel. Ein solides Familienerbe sicherte ihr zeitlebens materielle Unabhängigkeit. Sie war ein Sprößling aus Englands intellektueller Aristokratie. Unter ihren Vorfahren wimmelte es von wortgewandten Anwälten und Autoren, in ihrem Elternhaus gingen, so die Essayistin Hilde Spiel, die „Heroen des Viktorianischen Zeitalters" ein und aus. Der Vater war sowohl ein einflußreicher Gelehrter, der sich als Biograph einen Namen gemacht hatte, als auch ein einfühlsamer Erzieher und Lehrer, der seine vier Kinder mit engagierter Anteilnahme in die schöngeistige Welt einführte.

Das Gespräch als Lehrmeister

Die 1882 in London geborene Adeline Virginia Stephen hatte in jeder Hinsicht eine ideale Ausgangsposition. Und doch beginnt sie mit einem Fehlstart: Zum Kummer ihrer Eltern läßt sie sich bis zum dritten Lebensjahr Zeit, sprechen zu lernen. Aber sie holt die Verzögerung schnell auf. Mit fünf erzählt sie ihrem Vater allabendlich eine Geschichte und schreibt in „wunderschöner Handschrift" ihren ersten Brief. Bereits vor ihrem siebten Geburtstag brilliert „Gimnia" in Latein, Geschichte und Französisch.

Von Anfang an scheinen bei ihr die Weichen in Richtung Literatur gestellt zu sein. Bei aller kindlichen Schüchternheit hat sie schon früh den Wunsch, sich veröffentlicht zu sehen. Mit neun Jahren gibt sie eine eigene Wochenzeitung heraus, in der sie Familienereignisse in einem kankierend hochtrabenden Nachrichtenstil verarbeitet und erste Erzählungen druckt.

Unschätzbar sind die intellektuellen Debatten im Familien- und Freundeskreis – Virginia Woolf: „Es gibt gewiß keinen besseren Lehrmeister als das Gespräch" – und die Angebote einer schier unerschöpflichen Bibliothek, in der sie ihren Lesehunger stillen kann. „Bücher", sagt sie 1903, „sind die Dinge, die ich am meisten genieße." Halb noch der viktorianischen Enge verhaftet, halb die Fesseln der Tradition in Frage stellend, fügt die künftige Vorkämpferin des Feminismus hinzu: „Welches Recht habe ich, eine Frau, all diese Dinge zu lesen, die Männer gemacht haben."

Sie geht geradezu körperlich im Kosmos der Literatur auf: „Ich habe manchmal stundenlang das Gefühl, als ob der physische Stoff meines Gehirns sich immer mehr ausdehnen würde . plötzlich lebt alles auf, verflicht sich vorwärts & rückwärts & ist mit allen möglichen Dingen verbunden . . . ich sehe einen Augenblick lang, wie unsere Gedanken alle miteinander verwoben sind – wie jede heute lebende Seele aus genau dem gleichen Stoff ist wie Platos und Euripides!" notiert die 21jährige in ihrem Tagebuch.

Der Tod der Mutter (1895), der Stiefschwester Stella (1897) und des Vaters (1904) prägen sie nachdrücklich. Jedesmal leidet sie unter tiefen Depressionen. 1904 unternimmt sie den ersten Selbstmordversuch. Sie hört Stimmen und ist den ganzen Sommer über geistesgestört. Nach ihrer Genesung beginnt sie, Artikel zu veröffentlichen. Doch eigentlich will sie Prosa schreiben, mehr noch: „den Roman re-formieren". Von 1904 an, als sie ein separates Arbeitszimmer bezieht, schreibt sie mit wenigen Unterbrechungen jeden Tag. Zahllose Manuskripte landen im Papierkorb. Bis nach einem Dutzend Entwürfen ihr erster Roman erscheint, sollen noch elf Jahre vergehen – mit 33 ein spätes Debüt. Und erst nach sieben weiteren Jahren schlagen ihre innovativen Ambitionen zu Buche: in dem Roman „Jakobs Raum".

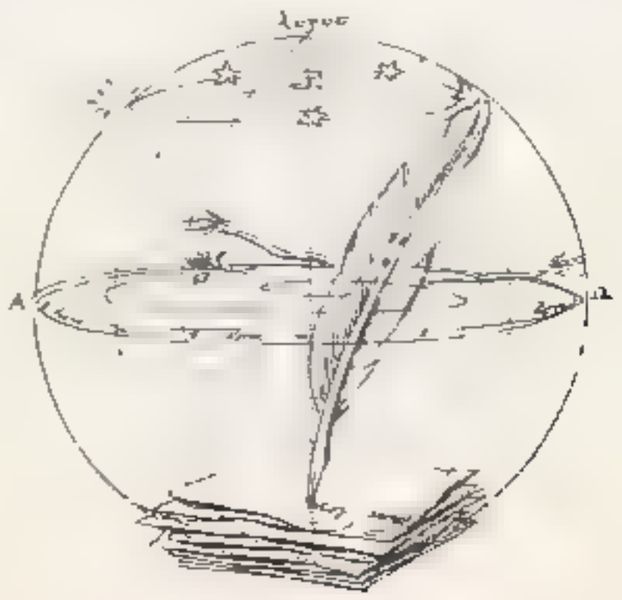
Entscheidende Hilfe erhält sie dabei von Leonard Woolf, den sie 1912 heiratet und der fortan mit großer Einfühlung über ihr Leben wacht. Rigoros hält er alles von ihr fern, was ihre Krankheit wieder aufflackern lassen könnte. Zeitlebens bleibt sie jedoch in dem gefährlichen Grenzgebiet zwischen Wirklichkeit und Wahn, was sich manchmal in alltäglichen Situationen offenbart. Mitten in einer Unterhaltung kann sie, erinnert sich ihr Mann, „plötzlich ‚abheben' und irgendeine verrückte, faszinierende, ergötzliche, traumhafte, fast lyrische Beschreibung eines Ereignisses, eines Ortes oder einer Person geben. Die gewöhnlichen geistigen Abläufe waren unterbrochen, und statt ihrer strömten, fast ungesteuert, die Wasser der schöpferischen Kraft und Phantasie hervor und versetzten sie und ihre Zuhörer in eine andere Welt."

Das sind die Momente, in denen Leonard Woolf die besondere „Aura" seiner Frau empfindet, ihr „Genie" aufblitzen sieht. Er ist mit Seneca überzeugt, daß es „nie ein großes Genie ohne eine Dosis Wahnsinn gegeben" hat.

Seltene Momente der Ekstase

Auch Virginia vermutet darin eine Quelle ihrer Kreativität. Sie finde, schreibt sie 1930, in der „Lava des Wahnsinns" ihre Sujets, und ein Jahr später, als sie ihr Meisterwerk „Die Wellen" beendet, notiert sie: „Ich habe die Worte O Tod! vor fünfzehn Minuten geschrieben, nachdem ich die letzten zehn Seiten in manchen Augenblicken mit solcher Intensität & Trunkenheit heruntergerasselt habe, daß ich nur noch meiner eigenen Stimme nachzustottern schien oder bald irgendeinem Sprecher (als wäre ich wahnsinnig). Ich hatte fast Angst, als mir wieder die Stimmen einfielen, die vorauszueilen pflegten."

Der Wahn – eine Muse? Wir wissen zu wenig über Virginias Krankheit – Leonard Woolf spricht von einer manisch-depressiven Psychose –, als daß wir postum über Spekulationen und Mystifizierungen hinausgelangen könnten. Die Biographin Lyndall Gordon schlug vor, in der obigen Schlüsselstelle aus dem Tagebuch das Wort „Stimmen" durch „Gedanken" zu ersetzen. Dann werde jener schöpferische Prozeß verständlich, den Virginia Woolf in einem Essay beschrieb:



Das Unterbewußtsein arbeite mit Hochgeschwindigkeit, während das Bewußtsein schlummere. Nach einer Pause hebe sich der Vorhang, und da sei dann das Subjekt, vereinfacht und geformt.

Die vergleichsweise seltenen ekstatischen Momente der Geistesstörung überblendet ein anderes, weitaus weniger spektakuläres Bild. Es zeigt eine Frau, die sich von Kindheit an bedingungslos dem Schreiben verschrieben hat. Die mit beamtenhafter Disziplin ans Werk geht und alles um sich herum vergißt, so daß ihr Zimmer sich „immer am Rande der Verwahrlosung" befindet. Auch wenn sie auf Leonards Rat ihrer Gesundheit zuliebe täglich nur zwei Stunden am Stehpult verbringt, nimmt ihre Arbeit sie tagein, tagaus 15 Stunden gefangen. Das wenigste „sitzt" auf Anhieb. Unermüdlich feilt sie an jeder Manuskriptseite, wobei ihre Stimmungen zwischen emotionaler Erregung und kühler Kontrolle schwanken. Über die Jahre bringt sie es auf neun große Romane, zwei Biographien, sieben Bände literarischer Kritiken und 30 Tagebücher.

Anzeichen ihrer Psychose beobachtet ihr Mann immer im Endstadium eines Buches, wenn sie sich vollends in ihre Arbeit hineinsteigert – und wenn die Veröffentlichung nähergerückt: Sie leide bei allem Selbstvertrauen, an einer „fast pathologischen Überempfindlichkeit gegenüber Kritik".

Als sie ihren neunten Roman fertiggestellt hat, werden die inneren Stimmen übermächtig. Diesmal fühlt sie sich dem Kampf gegen den Wahn nicht gewachsen. Am 28. März 1941 schleicht sie aus dem Haus, geht hinunter zum Fluß Ouse, stopft sich am Ufer die Manteltaschen voll Steine und läßt sich ins Wasser sinken.

Im Bann einer alten Schrift. Maya-Forscher David Stuart

DAVID STUART

Weltruhm schon als kleiner Junge

Er hätte viele Vorteile auf seiner Seite gehabt, erzählt der dunkelhaarige junge Amerikaner in seiner leisen Art: die Unterstützung der Eltern, gute Lehrer, die Bereitschaft, hart zu arbeiten. Alles also – außer Talent. Er sagt es so beiläufig, als wäre es die normalste Sache der Welt, daß er bereits als Teenager große Teile der bis dahin rätselhaften Maya-Inschriften entschlüsselt hat und zu Weltruhm gelangt ist.

Was ist schon dabei, scheint der heute 28jährige David Stuart stets dann ausdrücken zu wollen, wenn er auf seine besonderen Fähigkeiten angesprochen wird. Etwa darauf, wie früh er den ersten wissenschaftlichen Vortrag seines Lebens gehalten hat: im Alter von 12 Jahren im mexikanischen Palenque vor einer Gruppe von 150 Archäologen und Maya-Forschern. Stuart hatte ein bestimmtes Schriftzeichen dechiffriert, eines jener komplizierten, in Stein gehauenen Symbole, aus denen sich die Schriftsprache der Maya zusammensetzt: stilisierte Darstellungen von Tieren und Menschen, versehen mit Haken, Wellen, Punkten und Strichen, in regelmäßigen vertikalen Säulen angeordnet.

„Eine sehr simple Idee", tut Stuart die Sache ab und nippt an seinem Chardonnay. Wir sitzen in einer dunklen Ecke eines überklimatisierten Restaurants. Nicht weit von hier, an der Vanderbilt University in Nashville im Staat Tennessee absolviert der junge Forscher gegenwärtig sein Graduiertenstudium der Anthropologie. Diese Idee, meint er, sei so einfach gewesen, „daß jeder, der sich die Schriftzeichen ein paar Tage lang angesehen hätte, darauf habe kommen können".

Auch den „genius award" fegt David Stuart mit einer abwertenden Handbewegung beiseite. Diese „Genie-Auszeichnung" – ein mit 124 000 Dollar dotierter Preis der Chicagoer MacArthur Foundation – erhielt der damals 18jährige als bislang jüngster Stipendiat. Nichts Ungewöhnliches sieht er in dem Jahresstipendium am exklusiven, der Harvard University angeschlossenen Dumbarton-Oaks-Forschungszentrum in der US-Hauptstadt Washington, nur einen „glücklichen Zufall" im Abgang von der Princeton University mit *summa cum laude*.

„Die Situation, in der ich mich befinde", sagt er sanft, „ist größtenteils ein Resultat meiner Erfahrungen" – und nicht das irgendeines angeborenen Talentes.

Vielleicht nicht. Doch ohne David Stuart wäre die Erkundung der Maya-Hieroglyphen zumindest nicht so explosionsartig vorangekommen. Einige Jahre bevor er sich dem winzigen Club der Epigraphiker – der Inschriftenkundler – anschloß, war die Aufgabe noch fast unlösbar erschienen. Niemand war in der Lage, den Code der alten mittelamerikanischen Schriftsprache zu knacken. Archäologische Publikationen über die Maya-Kultur, die ihre Blütezeit zwischen 250 und 900 n. Chr. erlebte, erwähnten noch bis vor 20 Jahren kaum die Existenz dieser Hieroglyphen. Selbst die bedeutendsten Experten des frühen 20. Jahrhunderts betrachteten die Maya als einmaliges Phänomen, als ein friedliebendes Volk von Sternguckern, das besessen war von der Großartigkeit des Phänomens Zeit, ein Volk ohne Geschichtsschreibung, von Kriegen und Umwälzungen weitgehend verschont.

David Stuart jedoch und andere Epigraphiker konnten in den vergangenen Jahren belegen, daß die Maya-Stämme immer wieder Krieg gegeneinander führten, daß die siegreichen Könige ihre Rivalen in Zeremonien zu Ehren unsichtbarer Gottheiten zu Tode folterten, andererseits aber auch komplexe diplomatische Allianzen aushandelten, um das Blutvergießen zu verringern.

Wissensdurst, der in den Urwald trieb

Allen Ehrungen und Leistungen zum Trotz: Sobald das Thema Begabung und Intelligenz zur Sprache kommt, blitzt so etwas wie Ärger auf in den braunen Augen des jungen Mannes. War er als Kind nicht geradezu mit der Nase in die Wissenschaft gestoßen worden? Sein Vater George Stuart, selbst ein renommierter Maya-Forscher, hatte seine Familie 1975 zu einer fünfmonatigen Exkursion nach Coba im Norden der mexikanischen Yucatan-Halbinsel mitgenommen, zu einer der größten Ansammlungen von Maya-Ruinen. David, das jüngste von vier Kindern, fand sich plötzlich mitten im Dschungel wieder.

Trotz der Gefahren, von Giftschlangen bis zur körperlichen Austrocknung, liebte er die Umgebung. „Die modernen Maya-Indianer dabei zu beobachten", sagt er, „wie sie an diesen alten, historischen Stätten ihre Rituale feierten, hat mich wirklich sehr beeindruckt. Ich war acht Jahre alt, nahm die Welt um mich herum schon sehr aufmerksam und bewußt wahr, und ich wurde noch nicht von anderen Dingen abgelenkt, da ich die Pubertät noch vor mir hatte."

Die Mysterien der noch kaum entzifferten Schrift

nahmen den jungen David in ihren Bann. Er wollte alles über Hieroglyphen wissen – so viel, daß sein Wissensdurst selbst seinem Vater zuviel wurde. Eines Tages machte dieser sich auf eine acht Kilometer weite Tour durch unberührten Regenwald, um eine neuentdeckte Stätte aufzusuchen. „Er wollte nicht, daß ich mitkomme", erinnert sich Stuart, der inzwischen neun Jahre alt war, „doch ich glaube, ich machte ihm eine Szene, und da mußte er mich mitnehmen."

Zwei Jahre später war David wieder im Urwald, als ihn die renommierte Maya-Sprachforscherin Linda Schele für einen Sommer als Lehrling mit nach Mexiko nahm. Seitdem zog es ihn immer wieder nach Mittelamerika.

Attraktion der Wildnis und Gefahr

„Es gehört alles zusammen", erklärt er seine Motivation, „mein Interesse an den Schriftzeichen und mein Wunsch, mich an diesen Stätten aufzuhalten, zwischen den Ruinen, in dieser Atmosphäre von Wildnis und Gefahr." Und jetzt immerhin bekennt sich dieser ruhige Mann zumindest zu einer Passion, die ihn antreibt und nicht ruhen läßt – zur Leidenschaft für ein Volk und dessen Sprache.

Doch sogleich ist er wieder auf dem Boden: „Ich schätze, ich bin ganz gut im Dechiffrieren, weil ich diese Arbeit liebe." Der allmähliche Prozeß, der sich über Jahre oder Jahrzehnte hinziehe und wenig zu tun habe mit dem „Heureka"-Erlebnis in der Badewanne, der hätte es ihm angetan.

Und dann läßt er sich sogar verlocken, ein Talent zuzugeben: „Ich würde sagen, man braucht ein gutes visuelles Gedächtnis dazu, um die Zeichenfolge zahlloser Texte im Kopf zu speichern." Vor allem komme es darauf an, einen Hieroglyphen wahrzunehmen und sich später daran zu erinnern, in welchem Zusammenhang dieser zuvor schon einmal zu sehen war – ein „empirischer Prozeß, der einige Kreativität erfordert".

David Stuart genügt es allerdings inzwischen nicht mehr, „einfach nur die Zeichen zu entziffern"; dies ist ihm „ein wenig langweilig" geworden. Den Namen eines Maya-Königs herauszubekommen, der für 1000 Jahre verlorengegangen war, findet er zwar immer noch „aufregend". Doch er will nicht mehr nur die Hieroglyphen selbst, sondern auch zwischen ihren Zeilen lesen. So sei besonders „faszinierend" – hier blitzt die Leidenschaft des Jungen für Ruinen im Urwald wieder auf –, „daß etwa das Thema Krieg gegen Ende der Maya-Geschichtsschreibung viel stärker im Vordergrund stand als zu Beginn". „Mit Begeisterung" will er das Entziffern von Texten nun einer größeren Aufgabe unterordnen: Er möchte herausfinden, „was die Geschichtsschreibung der Maya ausgelassen hat". Denn er will mehr wissen über diese Menschen – er „will in ihre Köpfe sehen".

Auch für die Zukunft scheint sich David Stuart wieder auf Abenteuer einlassen zu wollen: Aus dem kleinen Kreis der Epigraphiker tritt er ein in die große Welt der Anthropologen mit all ihren Eifersüchteleien. In der Anthropologie, so behaupten Kenner der Szene, gilt das Dogma: Es gibt keine „großen Männer". Entdeckungen werden gemacht, wenn sie zu einem bestimmten Zeitpunkt reif sind, egal, wer gerade forscht. Vor diesem Hintergrund würde ein Forscher sich nur Feinde machen, wollte er sich von der Menge der Kollegen abheben. David Stuart weiß das: „Ich stelle hier an der Vanderbilt University niemanden in den Schatten, und ich würde es auch gar nicht wollen."

Steven Dickman

LEONARDO DA VINCI

Künstler von Gottes Gnade?

Unehelich von einem toskanischen Landmädchen geboren, hochberühmt im Beisein des französischen Königs gestorben: aus der Gosse auf den Olymp – eine solche Lebensbahn läßt die Legenden sprießen, vor allem, wenn der rasante Aufsteiger selbst die Keime setzt. So hatte die Nachwelt denn auch schnell die Erklärung für die Genialität des Bastards Leonardo aus dem Dorfe Vinci parat: Seine Leistungen „waren von Gott gespendet, nicht aber durch menschliche Kunst erworben", schrieb sein erster Biograph Giorgio Vasari. Von der Philosophie bis zur Malerei, von der Musik bis zur Mathematik schien er das gesamte Wissen und Können seiner Zeit in sich zu vereinigen. Die Renaissance feierte in ihm, ganz auf der Höhe des Zeitgeistes, das Universalgenie, und im Laufe der Jahrhunderte pflanzte sich dieser Mythos fort.

Eine kritische Überprüfung der Fakten entzaubert jedoch das über Jahrhunderte verklärte Bild. Leonardo ist kein Wunderkind allein von Gottes Gnaden. Sein Vater, ein wohlhabender Notar, holt seinen illegitimen Sproß bald nach der Geburt im Jahre 1452 in die Familie und bietet ihm eine standesgemäße Ausbildung. Die künstlerische Begabung des Jungen scheint offenkundig zu sein, denn einige Zeichnungen des 15jährigen legt der Vater dem Florentiner Maler Andrea del Verrocchio zur Beurteilung vor. Der erkennt das Talent. Leonardo kann bei ihm in die Lehre gehen und arbeitet acht Jahre in Verrocchios Werkstatt, wo er nicht nur in diversen Maltechniken, sondern auch in solidem Handwerk unterwiesen wird.

Erst mit 30 erhält er durch Vermittlung seines Vaters den ersten großen Auftrag, die (unvollendet gebliebene) „Anbetung der Könige". Sieht so der Berufsstart eines „divino", eines Göttlichen aus?

Leonardos Universalität entspricht den Forderungen der Zeit. 1482 bewirbt sich Leonardo beim Herzog von Mailand, Ludovico Sforza, um die Stelle des Hofarchitekten und -malers. Seine Qualitäten als Künstler erwähnt er dabei nur am Rande („ich kann eventuell auch malen so gut wie irgendein anderer"), vor allem empfiehlt er sich als Militärtechniker, Brückenbauer, Kanalisationsexperte und Architekt.

Ruhm – das Wichtigste im Leben

Die uns heute beeindruckende Vielfalt gehört damals ebenso zum Berufsbild eines Hofkünstlers wie die Inszenierung und Dekoration von Festen zum Preise des Herrschers. Eine Tatsache, die zwar nicht Leonardos vielseitige Talente erklärt, aber plausibel macht, weshalb sich seine Interessen so weit auffächerten.

Leonardo ist kein vom Erfolg verwöhnter Künstler. Gewiß steht er 17 Jahre lang in Lohn und Brot des Mailänder Herzogs (bis zu dessen Sturz), genießt mit Ende 40 beträchtlichen Ruhm, den er für „das Wichtigste im Leben" hält, und avanciert Ende 1516, drei Jahre vor seinem Tod, in Frankreich zum „Meister aller Künste und Wissenschaften" am Hofe König Franz I. Ist es etwa für einen Raffael oder Michelangelo undenkbar, sich bei Hofe zu bewerben – die Kunststars der Epoche werden gerufen, wenn sie sich nicht sogar einen fe-

sen Engagement verwei-
gern –, hat es Leonardo of-
fensichtlich nötig, sich in
Mailand demutsvoll ins
Gespräch zu bringen, weil
er im Florenz der Medicis
künstlerisch kein Bein auf
die Erde bekommt.
Auch in Mailand ist er als
Maler und Bildhauer
kaum gefragt. Sechs Ge-
mälde sind die magere
Ausbeute aus anderthalb
Jahrzehnten. Später erlebt
er drei auftragslose Jahre
in Rom. Er wahrt jetzt Di-
stanz zu den Mächtigen
und behauptet seine Un-
abhängigkeit als Forscher.
Erst so wird verständlich,
daß er als einer der größten
Künstler der Geschichte
das kleinste Werk hinter-
läßt: kein einziges Bau-
werk, so gut wie keine bild-
hauerischen Arbeiten und
höchstens zehn Gemälde,
von denen mehrere un-
vollendet, aber gleichwohl
Meisterwerke sind.

Leonardo entspricht nicht
dem Prototyp des For-
schers in der Renaissance.
Wiewohl Notarssohn, be-
herrscht er die Gelehrten-
sprache Latein nur mäßig.

Von Neugier besessen

Auch in anderen Disziplinen, etwa der Mathematik oder Philosophie, bleiben seine Leistungen auf dem Niveau halbwegs gebildeter Zeitgenossen. Gern spottet er über die eitle Intelligenzia an den Fürstenhöfen, die „Herumtrompeter und Nachbeter der Werke anderer" und die „Abkürzer" im päpstlichen Gefolge, da sie „lediglich eine Autorität zitieren, Gedachtnis anstelle von Intelligenz gebrauchen". Ja, er selbst findet, er sei ein „omo sanza lettere" – kein gelehrter Mann. Dennoch kann der vor Einfällen sprühende, von Neugier besessene Künstler es mit den größten Geistern aufnehmen. Mit Stift und Pinsel nähert er sich den Geheimnissen des Universums. Seine Studien der menschlichen Anatomie begründen die moderne wissenschaftliche Illustration. Das volle Ausmaß seiner Kreativität vermögen erst spätere Generationen zu ermessen, als sie seinen Nachlaß

...os des Universalgenies: Leonardo da Vinci: Portrait auf einer Glastür des Mailänder Museums für Wissenschaft und Technik

sichten Viele Erfindungen der Nachwelt – vom Fallschirm zum Hubschrauber, von der Dampfkanone zum Raddampfer – sind in den Skizzenbüchern des Linkshänders vorwegge nommen, die er vom 37. Lebensjahr an in Spiegelschrift schrieb (was für Linkshänder nicht unge wöhnlich ist)

Er ist Augenmensch durch und durch – ein Musterbeispiel des „graphischen Denkers". Die Malerei betrachtet er als Wissenschaft, als „höchste intellektuelle Analyse" und bestes Mittel zur Erforschung und Aneignung der Welt des Sichtbaren. Mathematik und Naturwissenschaften, im ausgehenden Mittelalter ohnehin nur ein Betätigungsfeld für Sonderlinge, sind für ihn nichts anderes als – unerläßliche – Hilfsmittel des Künstlers bei der Suche nach der Wahrheit

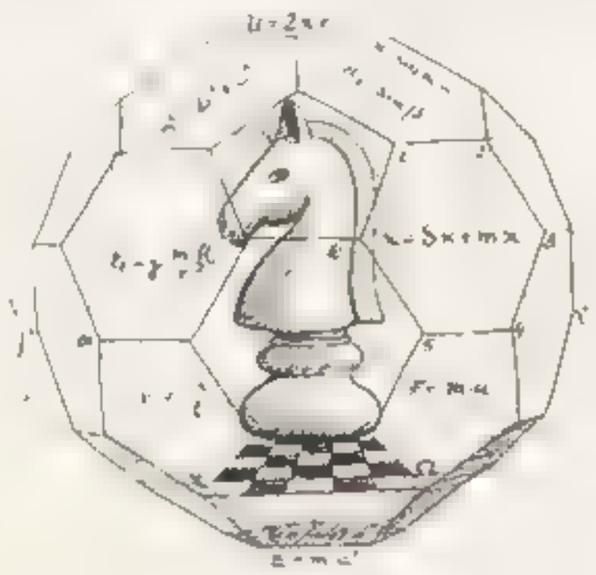
Das Allround-Talent Leonardo steht dem Maler Leonardo zunehmend im Wege. Indem er sich nahezu allen Wissensgebieten zuwendet, erliegt er – typisch für Multibegabte – der Gefahr, sich zu verzetteln Der Preis seiner Vielseitigkeit: An die Staffelei kommt er kaum noch.

Und noch ein Mythos muß begraben werden: die Vorstellung, unter den Händen eines Genies verwandele sich alles in Gold und jedes Problem, das es löst, trage den Stempel seines begnadeten Geistes Mehrfach beweist Leonardo, daß auch Genies nur Menschen sind und irren Ihm unterläuft ein Berechnungsfehler bei der Umleitung des Arno. Seine Erfindung einer neuen Freskotechnik – Tempera auf Stein –, die ihm ein langsameres Arbeiten an den Wandgemälden ermöglichen soll, ist ein verhängnisvoller Flop Die Farben verblassen. In Mailand mühen sich gegenwärtig Restauratoren, das „Abendmahl" zu retten das größte Bild, das der Mann aus Vinci hinterlassen hat

DIE POLGAR-SCHWESTERN

Hausgemachte Wunderkinder

Laszlo Polgar will der Welt etwas beweisen: „Talent gibt es nicht!" In dem seit Jahrzehnten schwelenden Wissenschaftlerstreit *nature vs. nurture*, der, grob gesprochen, auf ein Remis hinauszulaufen scheint verficht der Ungar die These, daß es nicht im



mindesten auf Erbanlagen, sondern einzig auf die rechte Erziehung ankomme, um intellektuelle Glanzstücke zu vollbringen Jeder Mensch habe das Zeug zum Genie – wenn man ihn nur entsprechend ausbilde. Zur Erhärtung dieser Behauptung präsentierte er der Öffentlichkeit drei eindrucksvolle Argumente. Sie heißen Zsuzsa Zsofia und Judit – seine Töchter. 1:0 für *nurture*?

Bereits 1965, als er die russischstämmige Sprachlehrerin Klara Alberger kennenlernte, ging Laszlo Polgar mit seiner „Jeder-ist ein Wunderkind"-Theorie schwanger In langen Briefwechseln konnte er die Frau für sich und seine Ideen begeistern. Sie heirateten im Jahre 1967 und konnten nun systematisch darangehen, ihr „psychologisches Experiment" in die Welt zu setzen

Die Polgar-Methode besteht darin, ein Kleinkind so früh wie möglich mit intellektuellen Anreizen zu beschäftigen, vielfältige Interessen in ihm zu wekken und es für ein Spezialgebiet zu erwärmen. Die weitere Erziehung ist darauf ausgerichtet, alles Überflüssige aus dem Tageslauf des Kindes zu eliminieren und es in seinen Interessen und Spezialisierungen optimal zu fordern. Vor allem muß es von der Schule ferngehalten werden. Sie gilt als größtes Hindernis bei der Entfaltung des Könnens, da sie nichts anderes produziere als trübes Mittelmaß. Laszlo Polgar glaubt zu wissen, wovon er redet. Er selbst war Lehrer

Fachbücher statt Spielzeug

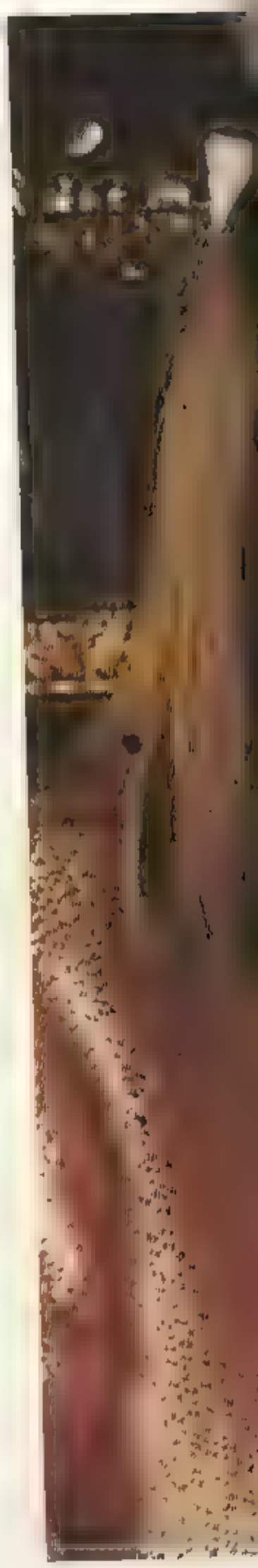
Gegen erhebliche Schwierigkeiten – mehrmals stand die Polizei vor der Tür – setzten die Polgars durch, daß sie ihre Töchter selber unterrichten durften, denn „Von wem lernt ein Kind besser als von einer Person, die es gern hat?" Die Eltern gaben für diese Aufgabe sogar ihre Berufe auf

Zsuzsa war die erste, die in den Genuß der Polgarschen Pädagogik kam Kaum den Windeln entwachsen, erhielt sie Unterricht in drei Fremdsprachen (heute spricht sie sieben). Mit vier zeigte sie eine deutliche Vorliebe für Mathematik, mit fünf hatte sie bereits das Pensum der ersten vier Klassen absolviert. Ebenso früh erwachte ihre Begeisterung für Schach: Für eine Partie mit Papi ließ sie jede Puppe liegen. Als Viereinhalbjährige gewann sie bei den Budapester Schachmeisterschaften den Wettbewerb der Schüler unter elf Jahren „Mit fünfeinhalb", erinnert sich der stolze Vater, „hatte Zsuzsa wissenschaftliche Bücher in der Hand wie andere Kinder Spielzeug"

Zsuzsas Spezialisierung bedeutete auch eine Vorentscheidung für Zsofia und Judit Die waren naturgemäß neugierig, was die große Schwester machte, wenn sie mit dem Papi zusammensaß und nicht gestört werden durfte. Außerdem paßte Schach ideal in Polgars Versuchsanordnung Selten lassen sich intellektuelle Leistungen so gut objektivieren wie bei dem königlichen Spiel. Auf Turnieren erkämpfte „Elo-Punkte" geben die jeweilige Stärke eines Spielers an, Titel („Großmeister") festigen seinen Ruf.

Im selben Zuge konnte der Pädagoge noch an einem weiteren Dogma rütteln. Frauen, heißt es, spielen schwächer als Männer Der Schachsport war daher bis vor kurzem strikt nach Geschlechtern getrennt wie Leichtathletik oder Fußball. Freilich: Solange Frauen nur gegen Frauen antreten, können sie ihre Leistungen auch nicht steigern Ein Schachspieler wächst mit seinem Gegner Deswegen sieht es der Manager Polgar als „pure Zeitverschwendung" an, seine Töchter lediglich zu Damenturnieren zu schicken – es sei denn, es wird ein Batzen Geld geboten. Sie sollen sich in den Konkurrenzen der Männer durchsetzen, in der heutigen Schachelite

Was befähigt einen Großmeister, besser zu spielen als ein Amateur? Der



französische Psycholo Alfred Binet hat sch vor hundert Jahren b Schachspielern ein sta ausgeprägtes visuelles G dächtnis nachgewies das abstrakte geomet sche Anordnungen se gut speichert Der ame kanische Soziologe H bert Simon geht dav aus, daß ein Schachm

Von klein auf gedrillte Meisterinnen: Zsofia, Judit und Zsuzsa Polgar

... 50 000 und mehr Mu... im Kopf hat. Diese ...nbank hilft ihm, neue ...stellationen blitz...ell „einzuordnen", zu ...sieren und den Spiel... einer Partie im Kopf ...behalten. Wird er je... m teiner „sinnlosen" ...ung auf dem Brett ...rontiert, kann er sich ... genauso schlecht ...len wie ein Laie. ... geistige Datenbank ...t kein strategisches ...ück, aber ohne sie spart auch der beste Stratege bald seine Grenzen. Wenn sich ein Großmeister auf internationalen Turnieren seinen Titel erkämpft hat, kann er gewöhnlich auf 15 Jahre eisernes Training zurückblicken. Wohl keiner aber hat in der Kindheit intensiver Schach gepaukt als die Polgar-Töchter. Hat es sich ausgezahlt?

Zsuzsa, 1969 geboren, wird 1979 ungarische Frauenmeisterin und jüngste Spielerin, die sich jemals für die FIDE-Rangliste qualifizierte. 1983 erreicht sie ihre erste IM-Norm (2400 Elo-Punkte) – eine Leistung, die in diesem zarten Alter nur eine Handvoll Schachspieler erbracht hat. 1985 schlägt sie mehrere Großmeister, 1989 verbessert sie sich auf 2520 Punkte (den Weltrekord hält Gary Kasparow mit 2800), und zwei Jahre später, mit 22, kann sie sich selbst Großmeister nennen.

Jüngster Großmeister aller Zeiten

Die fünf Jahre jüngere Zsofia, seit 1990 Internationaler Meister, behauptet sich ebenfalls im Weltschach, glänzt auch auf großen Wettkämpfen, steht aber von Anfang an im Zsuzsas Schatten – und bald auch im Judits.

Die jüngste von den dreien, 1976 geboren, ist zugleich die erfolgreichste. 1987 hat sie 2355 Punkte und bezwingt bereits einen Großmeister, 1988 gewinnt sie – als erstes Mädchen – die Weltmeisterschaft der Unter-Zwölf

Jährigen, 1989 erreicht sie 2555 Punkte und ist die höchstbewertete Frau der Welt

Auch gemeinsam zeigen die Schwestern Stärke. Bei den Frauen Schacholympiaden von 1988 und 1990 räumen die Polgars („Po'garia") die Goldmedaillen ab Judit aber avanciert zum absoluten Star Am 20. Dezember 1991, im Alter von 15 Jahren, 4 Monaten und 28 Tagen wird sie der jüngste Großmeister aller Zeiten – den bisherigen Rekord hielt seit 1958 der legendäre Bobby Fischer. Er war damals 33 Tage älter als Judit Im Mai dieses Jahres schlug die jüngste Polgar-Tochter den Russen Valerij Salow, einen der zehn besten Spieler der Welt. Niemals hat eine Frau einen so starken Gegner besiegt. Nun trauen Experten ihr auch den Weltmeistertitel zu

Freunde werden verboten

Längst sind die Polgars illustre Schach-Figuren weit über die Fachzirkel hinaus Staatspräsidenten machen ihnen die Honneurs, Turnierveranstalter locken sie mit extra hohen Antrittsgeldern – eine Schande für den Profi-Sport, kritisiert Kasparow –, Sponsoren zahlen ihnen Werbegelder. Fototermine und Interviews lassen sie sich großmeisterlich bezahlen. Die Töchter ernähren ihre Eltern

Der Erfolg kostet sie freilich auch einiges. Als Zsuzsa 18 Jahre alt war, machte ihr der Vater unmißverständlich klar, daß ihr die produktivste Zeit bevorstehe und sie „für die nächsten drei bis vier Jahre auf eine Beziehung verzichten" müsse. Polgars Theorie zufolge hat das durchaus sein Gutes. „Es bildet sich eine Frustrationstoleranz heraus, die ein Leben lang sehr nützlich sein kann."

Auch ohne tiefen psychologischen Scharfsinn kann sich jeder ausmalen, unter welchem Druck die Schachschwestern stehen. Wenn sie Springer und Läufer in Bewegung setzen, steht mehr auf dem Spiel als ein Listenplatz: die Liebe der Eltern, das Lebenswerk des Vaters, das Auskommen der Familie und nicht zuletzt – ihre eigene Zukunft Wie diese ohne Schach aussähe, darüber denken sie am besten gar nicht erst nach. Judit: „Wir können doch gar nichts anderes." Insider munkeln, Zsofia, die schwächste, weil am wenigsten motivierte der drei, habe einmal „aussteigen" wollen. Der lange Arm der Familie hat sie ans Brett zurückgebracht

Eine Glanzpartie von Laszlo Polgar? Er hat drei hervorragende Schachspielerinnen herangezogen. Aber als Experimentator im Dienste der Wissenschaft hat er sich selber matt gesetzt. Denn was lehrt sein Menschenversuch? Daß ohne Fleiß kein Preis zu haben ist, nun ja. Daß Frauen auch die Höhen des Spitzenschachs erklimmen können, okay. Aber daß es angeborenes Talent nicht gibt, beweist der Polgarsche Genie-Streich genausowenig wie er die Macht der Gene widerlegt. Ursprünglich hatte der Pädagoge geplant, auch Kinder zu adoptieren und diese gleichermaßen auszubilden wie die eigenen. Doch wuchs ihm sein „Experiment" wohl über den Kopf, jedenfalls ist er die Gegenprobe schuldig geblieben.

Statt dessen führt der ambitionierte Lehrer aus Budapest nur ein altbekanntes Stück auf: das klassische Drama des begabten Kindes. In drei Akten. Und die Hauptrolle darin spielt er selber.

WOLGANG RIHM

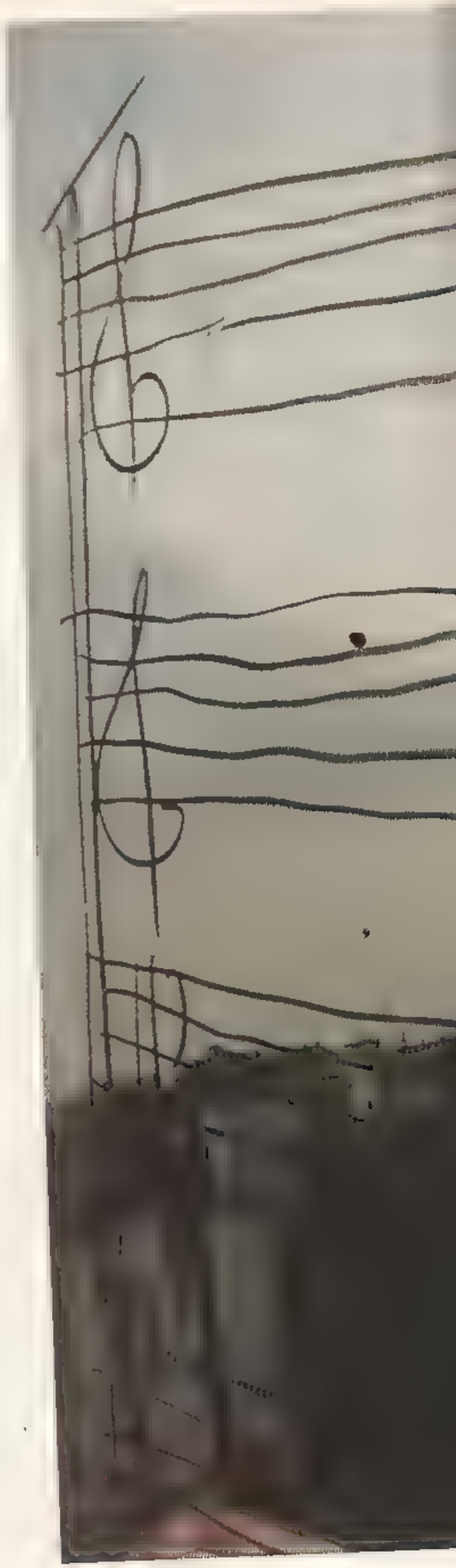
Gegenwelt Musik

Kein Klavier im Elternhaus, keine Kammerkonzerte am Kamin, keine arienträllernde Mutter: Er war keineswegs der Beste im Blockflötenkurs. Und Klavierspielen lernte er erst relativ spät, mit elf, mehr schlecht als recht Wolfgang Rihm kann mit nichts von dem aufwarten, was zu den frühen Begleiterscheinungen der klassischen Komponistenvita zu gehören scheint

Es gilt Abschied zu nehmen vom Modell Mozart, von der Vorstellung des begnadeten Wunderknaben, der, kaum daß er die Tastatur eines Flügels erreichen kann, diesem die ergötzlichsten Klänge zu entlocken vermag.

Dabei wäre ein solcher Karriere-Auftakt so ungewöhnlich auch wieder nicht. Denn von allen potentiellen Begabungen eines Menschen ist die musikalische diejenige, die sich entschieden am frühesten äußert. Diese von dem amerikanischen Psychologen Howard Gardner als „musikalische Intelligenz" bezeichnete Gabe wird allerdings in der Regel auch am schnellsten wieder vernachlässigt. Nach dem siebten Lebensjahr findet bei den meisten Menschen keine Entwicklung mehr statt.

„Ich war kein musikalisches Kind", sagt der bedeutendste deutsche Tonsetzer der Nachkriegsgeneration, „aber ein musisches." Wolfgang Rihm, 1952 in Karlsruhe geboren, hat von klein auf gezeichnet und gemalt und seiner Mutter Geschichten diktiert und später Gedichte geschrieben In diesem Zusammenhang fun-



Herr der Klänge: der Komponist Wolfgang Rihm, dessen Schaffensdrang »einem irrsinnigen Hunger nach Leben« entspringt

det er es nur folgerichtig, daß er als siebenjähriger „ganz normaler Flöterich" auch Melodien erfunden und aufgeschrieben hat. Nicht das Spielen reizte ihn, sondern das Komponieren als Teil jenes „existenziellen Prozesses des Hervorbringens", der sich bei ihm in jungen Jahren und auf vielfältigste Weise Bahn brach.

Musik siegte über Malen und Schreiben

In seinem puerilen Schaffensdrang haben ihn Eltern und Lehrer auf jede erdenkliche Art unterstützt, wobei Rihm betont, daß die Förderung nicht in „wildentschlossener Bereitschaft zum Begabungsausbau" bestand, sondern in vertrauensvollen Gewahrenlassen. Ihm wurde das Gefühl vermittelt, alles machen zu können, was er wollte. Denn sein Schaffensdrang war auch ein Freiheitsdrang – „ein irrsinniger Hunger nach Leben"

Wie aber findet einer in so einem Freiraum ohne Impulse von außen zur Musik? „Indem *ich* die Impulse hervorbringe", sagt Rihm, „das ist charakteristisch für mich: Ich setze mich selber in Gang." Seit er denken kann, ist er von Klängen fasziniert. Das hohle Donnern von Dampframmen begeistert den Vierjährigen ebenso wie das volle Schallen von Kirchenglocken, das Mark und Bein erzittern läßt. Am Radioapparat geht er auf akustische Entdeckungsjagd, sucht mit dem Senderknopf die Wildheit von Musik aus dem Äther zu zaubern. Am liebsten lauscht er Orgelwerken, deren aufbrausende Tonfluten die Lautsprecherabdeckung zum Vibrieren bringen. Klangmassen, die sich in Gewittern entladen und den ganzen Körper durchdringen. Darin findet Rihm den adäquaten Ausdruck seines Freiheitsstrebens. Deswegen, vermutet er, siegte die Musik bei ihm über das Malen und Schreiben.

Mit zwölf wirkt er in einer Schulaufführung von Claude Debussys Mysterienspiel „Martyrium des heiligen Sebastian" mit, gleichzeitig verschlingt er eine Biographie des französischen Tonkünstlers, der so komponieren wollte, wie die Impressionisten malten. Lesend lernt er eine weitere Dimension kennen, die ihn lockt: Musik als Lebensinhalt.

Mehr und mehr wächst er in das Reich der Klänge hinein. Anregungen von den Eltern vermißt er nicht – im Gegenteil: „Die Musik war meine Welt, die ich für mich haben wollte und zu einer Art Gegenwelt ausbaute." In der Schule trifft er auf größtes Verständnis. Zweimal bleibt er sitzen, Mathematik und Physik sind die Stolpersteine, und er ist den Lehrern dankbar, daß sie ihm Zeit geben, sich zu entwickeln.

Parallel zum altsprachlichen Gymnasium nimmt er Kompositionsunterricht bei Eugen Werner Velte und Wolfgang Fortner, später studiert er bei Karlheinz Stockhausen und Klaus Huber. Nichts kann ihn nun noch von dem Ziel, das Komponieren zu seinem Beruf zu machen, abbringen. Das Wagnis eines solchen Lebens ist ihm bewußt, doch es facht seine Energien nur an. Mit Erfolg. Ungewöhnlich früh, mit 25, kann er vom Komponieren leben, seit 1985 ist er Professor in Karlsruhe.

Eine Karriere, welche die Fachwelt in Erstaunen versetzt: Mit dem monumentalen Orchesterstück „Morphonie" macht der 22jährige Student 1974 auf den Donaueschinger Musiktagen auf sich aufmerksam, seine vielgespielte Kammeroper „Jakob Lenz" wird von der Kritik 1979 als künstlerischer Durchbruch gefeiert, für seine Oper „Die Hamletmaschine" erhält er 1986 den Rolf-Liebermann-Preis, seinen „Oedipus" führt 1987 die Deutsche Oper Berlin auf, sein jüngstes Bühnenwerk, „Die Eroberung von Mexiko", hat er im Auftrag der Hamburger Staatsoper geschrieben, die damit gegenwärtig das Publikum fasziniert und irritiert.

Wolfgang Rihm kann an all dem wenig Besonderes finden. Er sitzt am Holztisch seiner winkeligen Küche, hinter sich die glaserne Trennwand zum Wohn-Arbeits-Zimmer, in dessen gemütlicher Unaufgeräumtheit monolithisch und allgegenwärtig der schwarzpolierte Steinway-Flügel dräut. „Was tue ich denn anderes als atmen", wundert sich der 40jährige Junggeselle, „ich lebe nicht in dem Bewußtsein einer besonderen Begabung, sondern in dem Gefühl, mich selber zu verwirklichen."

Voraussetzung für die Arbeit: „viel freie Zeit". Stets ist er darauf bedacht, sich in einem Zustand der Absichtslosigkeit zu halten und sich allem Vorgeprägtem und Vorgeplantem zu entziehen. „Ich versuche die Freiheit, die Musik haben kann, schon im Ansatz ihres Erfindens zu verwirklichen." Daß dabei zugleich ein hoher Kunstverstand am Werk ist, leugnet er nicht. „Aber ich weiß es in dem Moment nicht. Sobald man etwas mit Absicht macht, sobald man Leistung anvisiert – das ist ja das Wunderbare – wird's nichts. In allen anderen Lebensbereichen kommt man durch Leistung weiter. In der Kunst nicht."

Jede neue Komposition erzeugt ihren eigenen festen Tagesrhythmus. Manches nervöse, zerrissene, aufwühlende Stück ist in gleichmäßiger, bedächtiger Arbeit am Klavier entstanden. Andere ruhig dahinfließende Werke sind Produkte von hektischen Ortswechseln, Eisenbahnfahrten und ungemütlichen Hotelaufenthalten. Arbeiten kann Rihm überall, auch ohne Instrument in Reichweite. Sorgfältig wählt er das geeignete Notenpapier aus und legt sich die 2B-Bleistifte zurecht. Er schreibt, sehr sauber, stets nur eine Fassung, zieht jeden Taktstrich mit dem Lineal. Wenn er eine Passage versetzen will, greift er zu Schere und Klebstoff.

Mitunter unterbricht er die Arbeit, um ein anderes Stück zu hören oder sich in ein Buch zu vertiefen. Solchen Abschweifungen verdankt er tiefe Einblicke in ein anderes Werk und analytische Einsichten, die wiederum sein eigenes Schaffen befruchten. Im Moment des Hervorbringens der gesteigerten Sensibilität ist er auch besonders aufnahmebereit, Sender und Empfänger zugleich.

Das Finale ist immer das Schwerste

Egal welche und wie viele Instrumente er einsetzt: Rihm hört beim Komponieren jeden Klang im Kopf und hat meistens das Notenbild vor Augen. Zuweilen geht er auch von Tonkonstellationen auf dem Papier aus, die erst später in einen Klang münden. Außenstehenden erscheint dieser Prozeß am geheimnisvollsten, für ihn selbst ist es nicht anders „als wenn man sich eine Person, ein Klima oder eine Farbe vorstellt".

Der Anfang, vielmehr „das In-den-Anfang Hineinkommen", und der Schluß: Das sind bei seinen Klanggemälden die neuralgischen Punkte. Das Verfassen eines Musikstücks ließe sich darstellen als eine einzige Kette von Entscheidungen. Nach jedem Ton steht er vor der Frage: Welcher Klang ergänzt oder bekämpft den vorhergehenden? Die schwierigste aller Entscheidungen aber ist die des Finales. „Ich allein muß herausfinden, wann etwas zu Ende ist. Und was es noch schwerer macht: Ich muß das Ende selbst erfinden."

Da in Wahrheit nie etwas abgeschlossen ist, treibt es ihn zu immer neuen Stücken, die er, ob Sinfonie oder Lied, Requiem oder Etüde, als Teile eines einzigen Stücks ansieht, an dem er kontinuierlich arbeitet. Auf 317 Nummern ist sein Werkverzeichnis schon angeschwollen, und in den Schubladen ruht die gleiche Menge an unvollendeten Arbeiten.

Eine Produktivität, die ihresgleichen sucht. Sie entsteht jedoch nicht aus dem Gefühl überquellender Fülle, sondern aus dem Defizit. Nicht aus sprühendem Einfallsreichtum, sondern aus Unsicherheit und Ungenügen. Nach dem Abschluß jeder Komposition quälen ihn die Stellen, die er für mißlungen hält. Doch er korrigiert sie nie, sondern reagiert darauf im nächsten Werk. Im Scheitern liegt der Keim für das Neue. „Ich möchte immer dahin, wo ich etwas nicht kann. Da will ich es besser machen und scheitere wieder. Und immer so weiter, genau wissend, es nicht zu schaffen. Immer die Hand ausstrecken, um es zu erreichen. Aber was? – Das ist das Grundgefühl, aus dem heraus ich existiere."

Forschen mit Zweifel und Intuition: Christiane Nüsslein-Volhard – hier mit Abbildungen von Fliegenembryonen

CHRISTIANE NÜSSLEIN-VOLHARD

Langeweile als Triebkraft

Hoher Besuch ist im Haus. Die junge Doktorin der Biologie führt den berühmten Professor durch das Labor. Am Ende des Rundgangs gibt der große Kollege ihr höflich zu verstehen, daß sie sich da auf ein ziemlich aussichtsloses Unterfangen eingelassen habe. Und dann mit welchen Methoden!

Es sind so Situationen, die Christiane Nüsslein-Volhard Nerven gekostet haben. Schlaflose Nächte, in denen all ihre Unsicherheiten hochkamen. Aber wenn sie am nächsten Morgen aufstand, hat sie ihren ganzen Mut zusammengenommen und weitergemacht, als wäre nichts gewesen.

Soviel weiß: Wer in Neuland aufbrechen will, muß den Ballast der gesicherten Erkenntnis hinter sich lassen. Die Tübinger Entwicklungsbiologin ist eine Meisterin darin, alles, was ihren Forscherdrang einengen könnte, über Bord zu werfen. Nichts macht sie so skeptisch wie der Satz: „Das haben wir immer so gemacht." Lieber verzichtet sie auf eine Abkürzung, als daß sie sich die Chance nehmen ließe, ihre eigenen Erfahrungen zu machen. Das bewahrt sie nicht vor Fehlern, aber wenigstens vor den Fehlern der anderen. Immer mißtrauisch, immer volles Risiko.

Der Erfolg gibt ihr recht. Pathetisch ausgedrückt ist es ihr als erster gelungen, einem Geheimnis des Lebens auf die Spur zu kommen, besser gesagt der ersten wichtigen Weichenstellung bei der Entstehung eines Individuums. An den Embryonen der Fruchtfliege *(Drosophila)* wollte sie zeigen, wie sich aus der wenig strukturierten Eizelle die differenzierte Gestalt eines Tieres ausbildet. Nach jahrelangem Forschen hatte sie die Lösung: Nur vier – vom mütterlichen Organismus und nicht etwa wie zuvor erwartet vom Erbgut des Embryos produzierte – Substanzen sind es, die am Anfang einer langen Reaktionskette der Gestaltbildung des Fliegeneies stehen. Die Kette endet in der segmentierten Larve. Diese Moleküle steuern die räumliche Ausrichtung des keimenden Lebewesens. Eine der Signalsubstanzen bestimmt zum Beispiel, wo der spätere Kopf zu liegen hat.

Stets zwischen Chaos und Perfektion

Das Problem ist beileibe kein Fliegengewicht. Dahinter steckt die grundsätzliche Frage: Wie entsteht in der Natur Komplexes aus Einfachem? Die Tragweite der gewonnenen Erkenntnisse ist noch gar nicht absehbar. Die Erhellung molekularer Prozesse bei der Fruchtfliegen Embryonalentwicklung hat schon jetzt dazu beigetragen, auch die Entstehung von Tumoren – zumindest in einem Fall – besser zu verstehen.

Welche Faktoren sind zusammengekommen, daß ausgerechnet die 1942 in Magdeburg geborene, in Frankfurt aufgewachsene Architektentochter mit dieser nobelpreisreifen Entdeckung aufwarten konnte? Ihr Erfolgsrezept ist nicht allein in der wissenschaftlichen Qualifikation im engeren Sinne zu suchen. Sie selbst betont mehrmals, sie habe „wahnsinnig Glück" gehabt. Genauer besehen hat sie jedoch nichts dem Zufall überlassen, sondern sich stets auf ihre Tugenden besonnen – Zweifel, Intuition, praktische Intelligenz und eine Portion Anmaßung. Vor allem aber traf sie bei der Planung ihres Projekts die richtigen strategischen Entscheidungen. Die wichtigste war die Wahl des Projekts selbst.

Die lässig gekleidete Biologin mit dem dunkelgrauen Wuschelkopf, die bei Gartenarbeit abschaltet, in ihrer Freizeit Flöte spielt und Lieder von Brahms und Schubert singt, ist ein Mensch der Extreme: einerseits total chaotisch und unorganisiert, andererseits perfektionistisch. Saloppe Redeweise, aber präzises Denken. Am liebsten mal stinkfaul. Und zugleich immer unter Druck und mit mehr eingedeckt, als sie schaffen kann. So hält sie sich selbst in Trab. „Leute, die sich nicht standig zu viel vornehmen, bringen es auch nicht weit."

Sie beschreibt sich als sprunghafte Studentin, die sich mehr vom Lustprinzip leiten ließ als von akademischer Pflichterfüllung: „Plötzlich fand ich Biologie zum Kotzen und stürzte mich auf Physik, bis mir da die Puste ausging und ich auf Biochemie umsattelte. Das fand ich auch bald fad und habe unter Mühen das Diplom gemacht." Mancher „Prof" sagte ihr mangelndes Standvermögen nach: „Die kann keine Frustrationen ertragen."

Die so urteilten, haben wohl nicht erkannt, daß Sprunghaftigkeit auch eine Qualität sein kann. Christiane Nüsslein-Volhard halt sich weder für einen „Überflieger", noch für eine Spezialbegabung. Aber sie ist von Kind an gewohnt, daß sie „alles kann, was kommt". Wenn ihre Forschung etwa gentechnische Methoden erfordert, beschaftigt sie sich eben mit Gentechnik. Diese Offenheit verleiht ihr große Freiheit. Sie muß sich ihr Forschungsprojekt nicht in einer eingegrenzten Disziplin suchen, sondern sie überlegt sich eine interessante Fragestellung im Vertrauen darauf, daß sie sich das notwendige Rustzeug schon irgendwie aneignen wird.

Nach ihrer Doktorarbeit, die eher von der Biochemie geprägt ist, ist ihr klar, daß sie wieder das Gebiet wechseln muß. Aus einem simplen Grund: In dieser Disziplin erwartete sie

keine „längeren Perspektiven"
Genau an diesem Punkt, vor 18 Jahren, beginnt die Geschichte ihres Erfolges Ein ganzes Jahr lang nimmt sie sich Zeit, bevor sie sich festlegt, welchem Problemfeld sie sich künftig widmet Sie liest, vergleicht, sucht „Vielleicht klingt es borniert, aber ich habe schon sehr darauf geachtet, ob ich die Sachen wichtig oder unwichtig finde " Sie hat dabei einen einfachen Indikator' „Ich bin schnell gelangweilt, wenn etwas zu öde wird."
Die Entwicklung des befruchteten Eies fand sie spannend. Nach gründlicher Überlegung erkor sie sich 1975 die Fruchtfliege zum Leittier. Danach konnten sie auch gutgemeinte Ratschläge oder Karrierehindernisse nicht mehr von der Entwicklungsbiologie abhalten
Erfolgreiche Wissenschaftler zeichnen sich dadurch aus, daß sie ein Gespür dafür haben, welche Probleme nicht nur potentiell wichtig, sondern auch lösbar sind Christiane Nüsslein-Volhard ist von vornherein überzeugt, daß sie „etwas herausbekommen" wird, denn Überschlagsrechnungen zeigen ihr, ob ihr Weg realistisch ist. Ihre Fragestellung läßt sie jedoch so offen wie möglich: „Wir sagen, wir gucken mal nach, was im Ei ist, und nicht: Wir wollen das und das finden und gucken, ob es da ist."
Im Laufe eines Forschungsprojekts sind permanent neue Entscheidungen zu fallen. Jedes Experiment eröffnet eine Fülle von Möglichkeiten fortzufahren. Stets gibt es mehr zu erforschen, als man realisieren kann. Bei diesen Entscheidungen beweist sie wiederum Sinn für „eine gewisse Originalität". Als sie zum Beispiel die erste für die Gestaltbildung ursächliche Substanz und das für deren Produktion zuständige Gen identifiziert hatte, lag es nahe, dieses genauer zu untersuchen. Sie hingegen geht aufs Ganze, will alle relevanten Gene erkunden.
Weshalb sie diesen und nicht andere Wege beschreitet, ist rational oft nicht begründbar. Sie nennt es Intuition, jenes intime Verständnis für Zusammenhänge, das sie gleichsam blindlings ans Ziel gelangen läßt Die gleiche Intuition hilft ihr, Themen an ihre Mitarbeiter zu verteilen. Wem sie welche Aufgaben überträgt, beschließt sie spontan. Im nachhinein hat sich die Wahl meist als goldrichtig erwiesen. Anfangs war sie sich dieses Gefühls durchaus nicht sicher. Seit einigen Jahren weiß sie, daß sie sich darauf verlassen kann

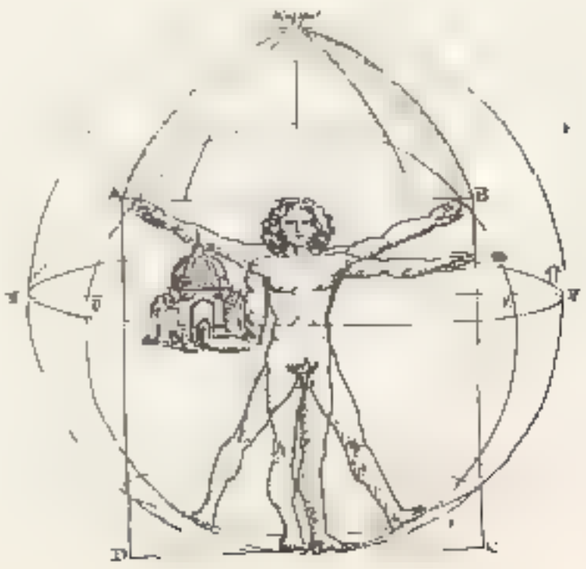
Das zusätzliche Handicap: Frau sein

Auch bei der Planung der Experimente beweist sie „ein Händchen", wie Kollegen sagen. Sie läßt sich nicht verführen von den vorhandenen Praktiken, so weit wie möglich entwickelt sie eigene Methoden, die alle derselben Maxime folgen: Je einfacher, desto besser Ihren Mangel an Erfahrung empfindet sie als „entscheidenden Pluspunkt". Statt teurer Geräte bevorzugt sie kleine Erfindungen „Da kommt mir die Bastelstunde von zu Hause zupaß." Mögen ihre Kollegen auch oft den Kopf schütteln – am Ende übernehmen viele die von ihr ausgetüftelten Low Tech-Methoden
Schon während des Studiums hat sie sich zum Beispiel die simpelste Sache von der Welt" ausgedacht: Man müßte Zellplasma aus einem Ei herausnehmen und in ein anderes hineinspritzen, um zu beobachten, welche Effekte die fremden Plasmasubstanzen auslösen. Diese Technik hat sich bei der Fliegenforschung als außerordentlich leistungsfähig erwiesen, und ihr will immer noch nicht in den Kopf, daß eine so naheliegende Methode zuvor in keinem Labor der Welt angewandt worden ist
Rückblickend sieht alles so folgerichtig und gradlinig aus. Jede einzelne Etappe aber war mühsam erkämpft, mit vielen Risiken, Unwägbarkeiten, Zweifeln. Die Tatsache, daß sie zu der verschwindenden Minderheit der Frauen in der Naturwissenschaft gehört, stellte ein zusätzliches Handicap dar: Es war nicht einfach, zum Beispiel entsprechende Stellen für Mitarbeiter und Gelder zu kriegen, „das kann man getrost sagen". Niemand wollte ihr Kredit geben für das, was sie geleistet hatte Erst nachdem sie 1985 „einen fetten Brocken auf den Tisch gelegt hatte" und als ihre Forschungen in Fachkreisen für internationales Aufsehen sorgten, erhielt sie einen Direktorenposten in der Max-Planck-Gesellschaft – als einzige Frau unter 174 leitenden Männern im Bereich der Naturwissenschaften
Während sie für ihre Fliegenarbeit allenthalben anerkannt wird, hat sich Christiane Nüsslein-Volhard bereits einem neuen Projekt zugewandt. Sie möchte die Embryonalentwicklung auch an einem Wirbeltier studieren. Darum züchtet sie jetzt Fische Und wieder hat sie begonnen wie mit der *Drosophila*: Bei der Auswahl der Mitarbeiter achtete sie peinlich genau darauf, keine „Aquarianer" anzustellen' „Nur keine Leute, die sich auskennen und immer schon im voraus wissen, wie es geht."
Ja, angeschaut habe sie sich sehr wohl, wie die Experten vorgehen, aber auch sofort gesehen, „daß wir mit deren Methoden nie auf einen grünen Zweig kommen". Also war wieder Erfindungsgeist gefragt, und siehe: „Das Labor mit der größten Erfahrung stecken wir inzwischen längst in die Tasche. Klar. Die machen es ja schon 20 Jahre."

HANS HOLLEIN

Vorstoß in die dritte Dimension

Manchmal denkt Hans Hollein an das Haus seiner Großeltern Es steht vor ihm in seiner verfallenden Pracht, im Geiste wandert er von Zimmer zu Zimmer und sieht jede Nische, jeden Winkel fast mit fotografischer Tiefenschärfe vor sich. Selbstverständlich kann er es bis ins Detail zeichnen, denn Hans Hollein ist Architekt, ein umstrittener zwar, aber unumstritten einer der bedeutendsten der Gegenwart.
Das Erstaunliche an dem perfekten Gedächtnis-Bild ist, daß Hollein die in der Tschechoslowakei gelegene Villa vor 47 Jahren zum letztenmal gesehen hat. Die zwei Jahre ältere Schwester des Baumeisters kann sich dagegen nur noch vage an das Haus erinnern Seine früh ausgeprägte „räumliche Intelligenz" nimmt Hollein in seiner Jugend gar nicht als außergewöhnliche Fähigkeit wahr. Es mangelt ihm auch nicht an anderen Gaben. Während seiner Wiener Gymnasialzeit ist er ein idealer Klassensprecher in allen Fächern – Sport wie Sprachen, Mathematik wie Musik – so brillant, daß ihm kein Lehrer am Zeug flicken kann, dabei aber „extrem aufsässig" und furchtlos gegenüber Autoritäten. Mehr als Personen prägen ihn Ereignisse. Das Erlebnis des Zweiten Weltkriges stößt ihn früh auf das Wesentliche: „Ich habe die Dinge als Jugendlicher viel präziser und klarer und in komplexeren Zusammenhängen gesehen als heutige Jugendliche. Aber das hat weniger mit mir persönlich zu tun, sondern mit meiner Generation "
Bei der Berufswahl tut sich ein Allround-Talent schwer Der Zwölfjährige malt sich aus, einmal „Rationalisierungsexperte" zu werden, was seinen logisch-mathematischen Neigungen Rechnung trägt. Schließlich entwickeln sich seine künstlerischen Ambitionen durch, wobei er mit Rücksicht auf die materielle Situation der Familie (der Vater starb früh) schon auch an das Geldverdienen achtet. Nicht brotlose Malerei (die betreibt er nebenbei bis heute), sondern Hochbau, etwas Handfestes soll es sein. „Ein bißchen ein Kompromiß", erinnert sich der weißhaarige, verschmitzt dreinschauende Wiener. Aber instinktiv wohl genau die richtige Entscheidung. In welchem Beruf käme sonst die Spannweite seiner Anlagen so optimal zur Entfaltung?
Auf die Frage, welche Begabungen für einen Architekten wie ihn unverzichtbar seien, nennt er an erster Stelle eine „unbeirrte Begeisterung",



er nicht mehr zurückverfolgen kann, wie diese Leidenschaft bei ihm entstanden ist: Teils kam sie aus ihm selbst, teils wurde sie im Elternhaus vorgelebt – seine Mutter nahm ihn oft zu Konzerten und Ausstellungen mit.
Während des Studiums treibt ihn sein Ehrgeiz, über „die normale Erfüllung einer Semesterleistung" hinauszugehen. Enthusiasmus und notorische Aufsässigkeit machen ihn bereits auf der Akademie zu einem Quer- und Vordenker, der mit selbstbewußter Kühnheit die gängige Ästhetik über den Haufen wirft. Systematisch stellt er sich die Frage „Was ist Architektur?" neu und findet seine eigenen Antworten, „egal ob das irgend jemandem gefallen oder nicht gefallen würde".

Revoluzzer der Architektur

Von den Grundlagen, die er sich zwischen seinem 22. und 25. Lebensjahr erarbeitet, „zehre ich direkt oder indirekt noch immer". Er formuliert sein künstlerisches Credo 1962 in einem aufsehenerregenden Vortrag. Es ist ein Frontalangriff auf das Dogma des Funktionalismus, das Walter Gropius, Mies van der Rohe, Marcel Breuer und ihre Schüler im „International Style" verwirklicht haben. Der Architektur-Revoluzzer knüpft an die kultischen Wurzeln des Bauens an und plädiert für Ornament und Zierat, für sinnliche Werte und ironische Haltungen: „Form folgt nicht Funktion", hält der Youngster, der noch nie ein Haus gebaut hat, den Koryphäen der Zunft entgegen. Eine Theorie, mit der er sich als Pionier der Postmoderne ausweist.

Die Praxis sieht grauer aus. Nach dem Examen bekommt er neun Jahre lang keinen einzigen Auftrag. Fünf Jahre jobbt er in schwedischen und amerikanischen Architekturbüros. Im kalifornischen Berkeley erwirbt er – mit einer Arbeit, die die Probleme des Raumes auslotet – einen Master's Degree und bekommt sofort eine Assistenzprofessur angeboten. Obwohl er keine Ahnung hat, wie er die nächsten Monate satt werden soll, schlägt er die akademische Karriere aus. Er weiß: Um seine Gedankengebäude durchzusetzen, muß er sie bauen. Von Zweifeln oder gar Resignation keine Spur. Freilich fehlt es ihm auch nicht an Zuspruch und Anerkennung von New Yorker Insidern. Das Museum of Modern Art zum Beispiel erwirbt 15 seiner visionären Zeichnungen

Pionier der Postmoderne: der Architekt Hans Hollein

Das erste eigene Projekt realisiert er 1965 in Wien: die Innenausstattung eines Kerzengeschäfts, über die sich ein anderer kaum große Gedanken gemacht hätte. Hollein steckt all seine Energien und Ideen von einer anderen Architektur in diesen winzigen Laden.

Alles durchdringende räumliche Intelligenz

Prompt erhält er für sein „gebautes Manifest" den amerikanischen Reynolds-Preis und weltweite Beachtung. Ein Vierteljahrhundert später weiht er in Frankfurt sein Meisterwerk ein: das Museum für Moderne Kunst. Was einst wie ein Schock wirkte, läßt heute den meisten Besuchern vor Bewunderung den Atem stocken. Hollein hat die Herausforderung des schwierig zu bebauenden Dreiecksgrundstück angenommen und eine verzwickte Folge ganz und gar neuartiger Ausstellungssäle entwickelt, die die spitzwinklige Grundrißform aufnehmen, spielerisch variieren, überraschende Perspektiven eröffnen, den Besucher wie in einem Labyrinth in die Irre führen und ihm im nächsten Moment mit einem vertrauten Durchblick die Orientierung zurückgeben.
Wie denkt ein Architekt solche Räume? Hollein kann nicht erklären, wie sich sein visuelles Vorstellungsvermögen entwickelt und verfeinert hat. „Es war da." Wenn er auf einen Grundriß blickt, sieht er ein dreidimensionales Gebäude. Wenn er über einen Bauplatz geht, errichtet seine Phantasie darauf mühelos ein Haus. Er stellt sich nicht allein die Fassaden vor, sondern auch die Innenräume mit ihrem besonderen Lichteinfall, ihrer spezifischen Atmosphäre – nun gut, das sollte ein Architekt beherrschen. Überraschender ist Holleins Auskunft, daß die räumliche Intelligenz auch all seine anderen Talente durchdringt und von ihnen profitiert
Lauscht er einer Musik – er hat ein fast absolutes Gehör –, zerlegt er sie sofort. Eine Beethoven-Symphonie empfindet er

als wunderbare Konstruktion, die als dahinterliegendes Gerüst glasklar heraustritt, losgelöst von jeder Melodie". In Kompositionen erkennt er „sehr parallele Phänomene" zu seiner Arbeit, wobei er Architektur nicht als „gefrorene Musik" ansieht. „Ich setze Musik nicht direkt in ein räumliches Gebilde um, sondern assoziiere einen Klang mit einem Material, einem bestimmten Stein oder Metall."

Nachdenken in der Badewanne

Liest er ein Buch wie Turgenjews „Aufzeichnungen eines Jägers", fühlt er sich mit allen Sinnen in die russische Landschaft versetzt. In Joyces „Finnegans Wake" findet er in der Transformation von Wörtern und Begriffen „viele Parallelen zu architektonischen Ausdrucksmöglichkeiten". Ein Blick auf die Landkarte der Schweiz erzeugt in ihm, plastisch und atmosphärisch, ein ganzes Alpenpanorama mit Kirchtürmen, Almen und Kühen. Lernt er eine Sprache wie Schwedisch, beherrscht er sie binnen eines halben Jahres „fehlerfrei". Er orientiert sich nicht an grammatischen Regeln, sondern erfaßt beim Hören des fremden Idioms die Struktur. Fehler erzeugen bei ihm sofort „eine Dissonanz". Auch hier spürt er „Parallelen zwischen Feststellungen mit sprachlichen und mit baulichen Mitteln".

Wie denkt ein Architekt Räume? Mit dieser Frage ist Hollein auch als Hochschullehrer konfrontiert und kritisiert, wie sehr die Lehrpläne die dritte Dimension vernachlässigen. „Es wird immer nur in Schichten gedacht, in Grundrissen, die geschoßweise übereinandergelagert sind. Aber Raum ergibt sich nicht durch ein Stapeln von Teilvolumi-

Denken als räumliches Ganzes: Hans Hollein in einem seiner Bauwerke, dem Frankfurter Museum für Moderne Kunst

na." Ein komplexes Gebäude wie die Hagia Sophia etwa erwecke nach einer solchen Ausbildung ungeheures Staunen, weil die byzantinische Hauptkirche in Konstantinopel auf ganz andere Weise, als räumliches Ganzes konzipiert wurde

Ein Gefühl dieser Art von Konzeption versucht Hollein seinen Studenten zu vermitteln. Er läßt sie ein Gebäude, das sie nicht kennen, genau vorstellen und zeichnen. . Sodann schickt er sie vor Ort zur Verifikation ihrer Imagination. Denn nur persönliches Erleben könne das räumliche Denken intensivieren

Auch „das Gespür für die nichtquantifizierbaren Elemente", wie Hollein das Erzeugen einer Stimmung in einem Raum umschreibt, läßt sich ähnlich schwer lehren. Denn dies sei keine Frage von Normen, Meßwerten und Luxzahlen, sondern von Erfahrung und Fingerspitzengefühl.

Hollein strotzt vor Selbstbewußtsein, weiß jedoch um die Notwendigkeit, nicht die kritische Distanz zur eigenen Arbeit zu verlieren. Und wie jeder Künstler kennt er kleine Kniffe, die seine Phantasie beflügeln. Manchmal läßt er sich von einer Landschaft anregen. Zum Nachdenken zieht er sich zum Leidwesen der Familie mit Vorliebe in die Badewanne zurück. Auf Reisen sitzt er gern geistesabwesend in einer Hotelhalle und brütet auf seinem Skizzenblock ein Problem aus Besondere Schwierigkeiten – etwa das steile, baumbestandene Hanggrundstück einer Wiener Schule – stimulieren seine Kreativität zu Hochstleistungen

Und zuweilen gestaltet auch der Zufall mit: „Als wir das Museum fur Mönchengladbach planten, stand da plötzlich ein Klotzchen im Modell herum, und ich wußte sofort: Das müssen wir mit einbauen."

ADOLF HITLER

Das Genie des Bösen

Einer, der nichtsnutzig, ziel- und arbeitslos durch die Männerasyle Wiens streunte, der in der Schule versagte und mit kläglichen Talentproben von der Kunstakademie abgewiesen wurde, ein Genie? Einer, der aus zusammengeklaubten Lesefrüchten sein verqueres Weltbild gestaltete und dem jegliche intellektuelle Brillanz abging? Adolf Hitler ein Genie?

Genie pflegen wir Menschen gewöhnlich nur zuzubilligen, deren Pioniertaten das Wissen der Menschheit erweitern oder den Fortschritt vorantreiben, deren epochale Neuerungen sich zum Wohle aller auswirken, deren Meisterwerke ihnen Unsterblichkeit verleihen. Die Greueltaten des Diktators und Massenmörders aber verstellen uns den Blick dafür, daß Hitler – so der Psychoanalytiker Helm Stierlin – „ein ungewohnlich vielseitiger und talentierter, obschon schrecklicher Genius" war. Die Wahrheit ist: Der Wahnsinn hatte Methode.

Auch wenn es uns nicht paßt: Adolf Hitler verfügte über eine herausragende Begabung. Sie war weder intellektueller, noch – wie er selber glaubte – künstlerischer Natur Sie wurde auch nicht von seinen Erziehern erkannt oder in der Jugend gefördert. Hitler selbst kam ihr erst in seinem 31. Lebensjahr auf die Spur. Genauer: am 16. Oktober 1919. Da meldete er sich in München auf der Veranstaltung einer politischen Splittergruppe namens „Deutsche Arbeiterpartei" zu Wort. 30 Minuten lang steigerte er sich in eine Suada, welche die 111 Menschen im Saal „elektrisierte" Ruckblickend (in „Mein Kampf", 1924) triumphierte er: „Ich konnte reden "

Im persönlichen Umgang war Hitler linkisch und kontaktscheu. Kaum aber hatte er eine Menschenmenge vor sich, entpuppte er sich als Demagoge, der die Massen nach eigenem Gutdunken beherrschte und sich gefügig machte. Keine 14 Jahre nach seinem ersten offentlichen Auftritt war er Reichskanzler. Gewiß: die Zeiten waren günstig für einen wie ihn. Die Schwäche der anderen machte ihn stark. Aber ohne seine rhetorischen Talente, die er sorgfältig schulte, ohne seine suggestive Wirkung auf das Publikum, die er gründlich einstudierte, ohne das sichere Gespür für große Auftritte und Masseninszenierungen hätte Hitler niemals eine Volkspartei formen, ein ganzes Volk in seinen Bann schlagen können.

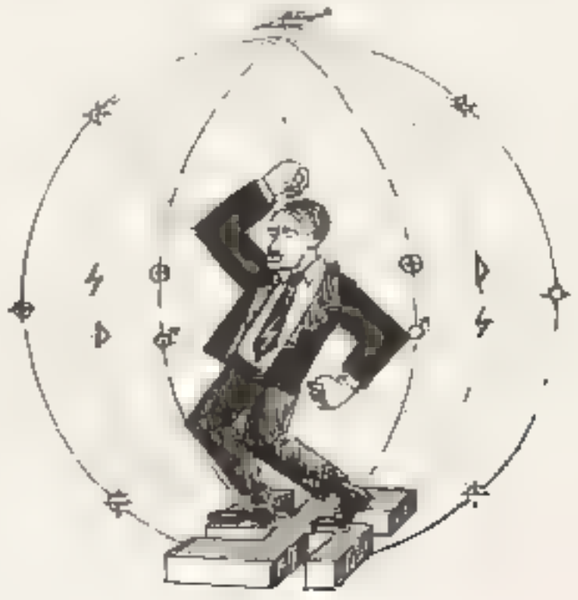
Der geschickte Umgang mit Menschen ist ein Talent, das der Harvard-Psychologe Howard Gardner „personale Intelligenz" nennt. Die meisten Kognitionsforscher vernachlässigen diese Begabungsform, obwohl kaum eine andere so sehr das Wohl und Wehe ganzer Gesellschaften und Kulturen bestimmt. Politiker und Manager nutzen ihre personale Intelligenz ebenso wie Regisseure oder Psychologen.

Der Opern- und Wagner-Fan Hitler bewies sich als glänzender Regisseur öffentlicher Spektakel, die ihre Wirkung nicht verfehlten. „Ich habe sechs Jahre vor dem Kriege in der besten Zeit des russischen Balletts in St Petersburg zugebracht, aber ich habe nie ein Ballett gesehen, das sich mit dieser grandiosen Schau vergleichen ließe", schrieb der britische Botschafter in Berlin, Sir Neville Henderson, uber die Nürnberger Parteitage. Hitler kümmerte sich höchstpersönlich um Details, die jeder andere Herrscher seinen Beratern uberlassen hatte, inszenierte jeden Gang und kontrollierte sogar noch die Blumenrabatte. Dabei verriet er, wie sein Biograph Joachim C. Fest ausführt, „eine ebenso genaue Kenntnis der Regie des großen Auftritts wie der Psychologie des kleinen Mannes".

Instinkt für die Schwächen anderer

Zu Hilfe kamen dem Massen-Verführer die Neuerungen der Nachrichtentechnik Mochte sein Gedankengut noch so rückständig sein, in der Nutzung des Rundfunks erwies er sich als Freund des Fortschritts Mit sicherem Instinkt erspürte er die Macht der Medien und wußte als erster Staatsmann perfekt von ihnen zu profitieren

Regisseur war Hitler auch auf politischer Bühne. Meisterlich verstand er es, so Joachim C. Fest, „Situationen zu erkennen, Interessenlagen zu durchschauen, Schwächen ausfindig zu machen, Momentankoalitionen herbeizufuhren"



Der Publizist Sebastian Haffner, der gewiß nicht im Verdacht steht, ein Apologet der Nationalsozialisten zu sein, zählt in seinen vielgerühmten „Anmerkungen zu Hitler" sehr nüchtern die „Leistungen" des Partei- und Staatschefs auf. Sie gehen zu großen Teilen auf seine besondere Gabe der Menschenführung zurück: Hitler verstand es,

- leistungsfähige Machtapparate aufzubauen und zu kontrollieren: Die NSDAP der späten zwanziger Jahre, schreibt Haffner, „war ganz und gar Hitlers Schöpfung; und sie war als Organisation jeder anderen Partei bereit überlegen, ehe sie, in den frühen Dreißigern, Wahlermassen hinter sich zu bringen begann" Auch Konkurrenten und Opponenten innerhalb der Partei hat er geschickt gleich oder ausgeschaltet,
- ein besänftigendes Klima zu erzeugen, indem er erst Furcht schürte und dann vergleichsweise milde Taten folgen ließ, „Die Handhabung und Dosierung des Terrors" in den ersten Jahren nach der Machtergreifung nennt Haffner „eine psychologische Meisterleistung".
- ohne ökonomische Kenntnisse als wirtschaftlicher „Wundertäter" aufzutreten. Er hat die Vollbeschäftigung richtig erfaßt und bescherte den Deutschen einen Aufschwung ohne Inflation, Lohnkürzungen oder Preiserhöhungen, indem er die geeigneten Männer an die richtige Stelle setzte - vor allem Hjalmar Schacht an die Spitze der Reichsbank und des Wirtschaftsministeriums,
- auf dem Schlachtfeld die eigenen Strategen schlagen. Gegen den Rat schuf er integrierte, selbständig operierende Panzerdivisionen und Panzerarmeen Haffner: „Diese Neuerung erwies sich in den ersten beiden Kriegsjahren als entsc

Handhabung und Dosierung der Massenbeeinflussung als psychologische Meisterleistung: Adolf Hitler

...de Waffe und wurde ...ter von allen anderen ...meen nachgeahmt."

...cht hier nicht darum, ...e Führer-Verherrli...g alter Zeiten zurückzufallen oder den perver...ten Genie-Kult rassenideologischer Färbung wiederzubeleben. Es gilt ...egen zu erkennen ... Genie nicht zwangsläufig zu Grandiosität ...rt

...r machen uns also ein ...sches Bild vom Genie, ...n wir es isoliert be...chten und uns von der Begabung allein blenden lassen. Begabung bedeutet nicht Bildung. Die Züge, die wir bei dem einen bewundern – Beharrlichkeit, Glauben an sich selbst, Durchsetzungsfähigkeit, konsequentes Verfolgen der eigenen Ziele – mißfallt uns an anderen als Fanatismus, Skrupellosigkeit, Größenwahn.

Schnell sind wir bereit, Menschen mit außergewöhnlichen Gaben zu bewundern. Hitler hat sich durch ganze Bibliotheken gearbeitet und konnte viele Passagen aus dem Gedächtnis reziticren. Aber er bediente sich aus den Giftkammern der Geistesgeschichte des 19. Jahrhunderts wie in einem Supermarkt. Keiner hat ihn zu kritischer Lekture angehalten und ihn mit dem systematischen Erwerb von Wissen vertraut gemacht

Genie hat keine moralische Qualität

Wir verehren jene, die sich mit Wortgewalt durchzusetzen wissen und ihre geistesgegenwärtige Sicherheit auch nicht vor Menschenmengen verlieren. Doch die größte Redekunst garantiert noch lange nicht, daß auch die Inhalte, die sie unters Volk bringt, von Größe künden. Und organisatorisches Geschick laßt sich genauso zur Rettung wie zur Vernichtung eines Volkes einsetzen.

In schrecklicher Deutlichkeit führt uns das Beispiel Hitler vor: Begabung an sich ist moralisch wertfrei. Sie muß sich weder zum Wohle des einzelnen, noch zum Segen der Menschheit auswirken Wie sie genutzt wird, hängt von der Persönlichkeitsstruktur jedes einzelnen ab, vom Umfeld, in dem sie geschult wird and wirkt. Genie bedeutet nicht von vornherein menschliche Größe, Humanität, Güte, Mitgefuhl. Im Gegenteil: Wenn ein psychopathischer Geist sich der Talente bemächtigt, wenn Begabung sich mit dem Bösen verbindet, mit Rachsucht, Haß, Brutalität, Aggression, Gewalt und Vernichtungswillen, dann sind die Folgen furchterlich. □

TIERBEWUSSTSEIN

DAS TIERISCHE RÄTSEL

Wale gelten als besonders intelligent.

vom Strand reißt? Lebt er die Freude eines

noch lebendes Opfer mit

bödieren manche Wissenschaftler in

turen im Reich der Fauna zu

VON RÜDIGER BRAUN

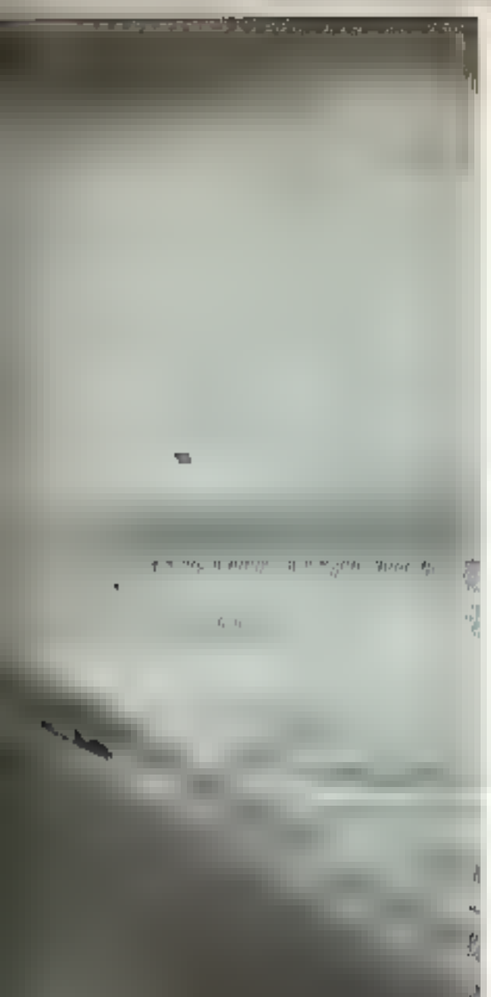
Die Indianer Nordamerikas achteten die Biber als nahe Verwandte. Denn wie Menschen sind diese Nager in der Lage, die Umwelt zu ihren Gunsten zu gestalten. Geschickt errichten sie aus Baumstämmen, Ästen und Schlamm erstaunlich stabile Dämme oder Burgen und stauen Seen auf. Unermüdlich rackern sie für ihr Eigenheim und geben nicht eher Ruhe, bis der Wasserspiegel des entstehenden Teiches so hoch steigt, daß der Burgeingang unter Wasser liegt – für Räuber unerreichbar. Woher wissen die Tiere, was zu tun ist?

Es fällt schwer, „Bruder Biber" kein planvolles Tun zu unterstellen. Die meisten Wissenschaftler allerdings sehen in solchen komplexen tierischen Handlungen ein weitgehend genetisch programmiertes Verhalten, das durch Lernprozesse allenfalls verfeinert wird.

Was aber, wenn ein Tier in der Lage wäre, bewußt nachzudenken, bevor es handelt? Wenn es mehrere Möglichkeiten in seiner Vorstellung durchspielen könnte, bis es die beste Lösung gefunden hat? So fragt etwa der renommierte amerikanische Zoologe Donald Griffin und warnt seine Kollegen davor, weiterhin in starren Denkmustern zu verharren, die lange Zeit die Erforschung tierischen Denkens und Fühlens geradezu tabuisiert hätten. Für ihn lautet die Gretchenfrage: Ist der Mensch das einzige Wesen auf diesem Planeten, das mit Bewußtsein ausgestattet ist, jenem so schwer zu definierenden Begriff, dem sich etwa das Oxford English Dictionary mit der Umschreibung annähert, „die Gesamtheit der Eindrücke, Gedanken und Gefühle, die das bewußte Sein einer Person ausmachen"? Dieses bewußte, geistig-seelische Erleben von Tier – und Mensch – ist ein noch weitgehend unerforschtes und diffuses Gebiet, an das sich die Wissenschaften heranzutasten versuchen.

Provokativ behauptet Donald Griffin: Alle Tiere, die ein zentrales Nervensystem besitzen, können mehr oder weniger gut denken. Der amerikanische Forscher ist zudem von einem fließenden Übergang zwischen tierischem und menschlichem Bewußtsein überzeugt. Allerdings glaubt auch er, daß die Gedanken der meisten Tiere um einfache, lebenswichtige Inhalte wie Futter, Feinde und soziale Partner kreisen – ohne daß sie über den Sinn ihrer Gedanken selbst reflektieren. Ein Tier,

So nahe beieinander und doch weit entfernt



Die sagenumwobene Verbundenheit von Mensch und Delphin resultiert zumindest nicht aus neurologischen Gemeinsamkeiten: Beider Gehirne sind sehr unterschiedlich. Doch die Zutraulichkeit der Tiere brachte amerikanische Psychologen auf die Idee, die Meeressäuger therapeutisch einzusetzen, um die Aufmerksamkeitsspanne geistig behinderter Kinder zu erhöhen

Über ins Becken gesenkte Monitore versuchen Menschen, mit Delphinen zu kommunizieren: Nach neueren Ergebnissen amerikanischer Delphinologen verstehen die Tiere 50 Handzeichen und daraus zusammengesetzte »Sätze« mit bis zu fünf »Wörtern«. Doch echte sprachliche Strukturen konnten in den »Gesängen« der Säuger nicht gefunden werden

das Ergebnisse seiner Handlungen nur ein klein wenig voraussehen könnte, würde schlicht die Vergeudung wertvoller Energie vermeiden.

Griffin hat mit seinen Ideen die Welt der Biologen bisher nicht erschüttert, aber Denkanstöße geliefert. Die Mehrzahl seiner Kollegen zweifelt jedoch unvermindert am tierischen Verstand. Nur weil der Biber ein Problem löst, also anscheinend intelligent handelt, muß er noch lange nicht denken können, reklamieren sie mit gutem Grund. Denn Beispiele, die untermauern, daß „vernünftiges" Verhalten aus einem genetischen Programm resultiert oder aus einem Dressurakt, gibt es zur Genuge. Wenn etwa einer brütenden Gans ein Ei aus dem Nest rutscht, rollt sie es vorsichtig mit dem Schnabel zurück, sobald sie den Verlust bemerkt hat. Was auf den ersten Blick wie eine überlegte Handlung anmutet, ist nichts als eine angeborene, stereotype Verhaltensweise, die auch dann abläuft, sobald etwas annähernd Ovales in Nestnähe liegt – Bierflaschen sind besonders attraktiv. Nur während eines kurzen Zeitraumes, zwei Wochen vor der Eiablage bis zwei Wochen nach dem Schlüpfen der Küken, löst solch ein Reiz unter dem Einfluß von Hormonen die Eirollbewegung aus.

Daß auch die anscheinend so gewitzten Vorführungen von Zirkustieren mit Vorsicht zu genießen sind, lehrt eine Geschichte, die sich um die Jahrhundertwende in Berlin zugetragen hat und ein vielzitierter Bestandteil der Psychologiegeschichte geworden ist: Ein pensionierter Lehrer hatte mit preußischer Disziplin seinem Pferd Hans beigebracht, Rechenaufgaben zu lösen. Von einer fremden Person nach der Quadratwurzel aus 16 befragt, gab der „kluge Hans" die Antwort durch vierfaches Hufklopfen. Selbst eine hochrangige Expertenkommission konnte keine Manipulation feststellen und hatte dem Pferd bereits hohe Intelligenz bescheinigt. Erst ein scharfsichtiger Student machte die Beobachtung, daß das Tier nur dann richtig antwortete, wenn auch sein Herrchen die Aufgabe lösen konnte. Hans hatte gelernt, an winzigen Veränderungen der Körperhaltung, der Mimik und der Atmung abzulesen, wann er mit dem Klopfen aufhören mußte. Beschämt zogen sich die Experten zurück, in der festen Absicht, sich in Zukunft an solchen Kunststückchen nicht noch einmal die Finger zu verbrennen. Hatten sie nicht schon immer gewußt, was der französische Philosoph René Descartes mit seiner Definition

Wie nach Plan befreit sich der Krake durch ein kleines Käfigloch. Erst ein Arm, dann ein zweiter und dritter. Zuletzt, unter »Augapfel-Verrenkungen«, der »Mantel«. Kraken besitzen die größten Gehirne unter den wirbellosen Tieren und können von Artgenossen lernen – eine Fähigkeit, die bislang nur Menschen, Affen und Delphinen zugeschrieben wurde

von Leib und Seele im 17. Jahrhundert postuliert hatte: daß Tiere lediglich reagieren können?

Wie etwa jene Tauben, die lernen, aus Tausenden von Fotos mit unterschiedlichsten Motiven nur solche mit Bäumen auszusortieren, oder wie Rhesusäffchen, die den Joystick bei bestimmten Videospielen fast so geschickt wie ihre Lehrer bedienen, oder wie Bären, die sogar Radfahren lernen – Säugetiere und Vögel sind zu den verrücktesten Kabinettstückchen bereit, wenn sie nur lange genug konditioniert und belohnt werden, so wie Pawlows berühmter Hund.

Das glaubten zumindest viele Behavioristen, Anhänger einer Mitte des 20. Jahrhunderts vor allem in den USA dominierenden psychologischen Forschungsrichtung, die bis in die siebziger Jahre hinein einen starken Einfluß auf die Verhaltenswissenschaften hatten. Die Vertreter dieser Denkweise befürworten aus methodologischen Gründen den völligen Ausschluß subjektiver Gefühle und bewußter Gedanken aus der wissenschaftlichen Diskussion und beschreiben tierisches – und menschliches – Verhalten ausschließlich mit Begriffen wie Reiz, Reaktion oder Lernverstärkung. Sind Tiere demnach Computer aus Fleisch und Blut, die von ihrem Versuchsleiter oder ihren Eltern – diese sind ja normalerweise die Vor-Bilder – beliebig programmiert werden können?

Verhaltensbiologen erkannten in den letzten beiden Jahrzehnten, daß Lernprozesse bei Tieren innerhalb eines anlagebedingten Rahmens ablaufen. Ratten können beispielsweise keine akustischen Reize mit Futter verbinden, das sie krank macht, wohl aber Gerüche. Tauben können ohne weiteres Töne mit Gefahr assoziieren, nicht aber Farben. Singvögel kommen mit einem Repertoire von bis zu zwei Dutzend Lauten auf die Welt, müssen aber die Melodie ihres Gesangs erst lernen, und zwar während einer kurzen „sensiblen Phase", lange bevor sie geschlechtsreif werden. Wenn sie in dieser Zeit der Prägung ausschließlich artfremdes Vogelgezwitscher hören, lernen sie weder ihren eigenen Gesang richtig, noch den der anderen. Offensichtlich verläuft tierisches Lernen in artspezifischen Bahnen und wird weitgehend von den Anlagen kontrolliert.

In Situationen jedoch, in denen sich Tiere flexibel an schwierige wechselnde Umstände anpassen, reichen für manche Wissenschaftler genetisch programmiertes Verhalten und Prägung

Biber sind Meister des Dammbaus. Eine Funktion des Damms ist, tiefes Wasser zu schaffen, damit der Zugang zu ihrem Bau geschützt unter der Wasseroberfläche liegt. Die Bautätigkeit wird eingestellt, sobald das Gewässer tief genug ist. Dieses Differenzierungsvermögen geht für einige Forscher über eine instinktgesteuerte Reaktion hinaus

Werkzeuggebrauch galt lange Zeit als Monopol des Menschen. Doch selbst »primitive« Tiere bedienen sich raffinierter Hilfsmittel: Prachtreiher etwa locken Beute mit Federködern an, und Spechte stochern mit Kaktusdornen nach Larven. Raubwanzen (links unten) fischen mit toten Termiten nach Beute, und Weberameisen benutzen gar ihre eigenen Larven als lebende Klebstofftuben beim Nestbau: Sie halten die seideproduzierenden Larven an Blattränder, um diese so zu verkleben

Woher weiß ein Zebra, daß ein Löwe keinen Appetit hat? Kleine Verhaltensunterschiede signalisieren den Beutetieren, ob die Räuber gerade Jagdabsichten haben. Solche Reaktionen setzen die Auswertung vieler Faktoren voraus, bei der – so die Vermutung einiger Forscher – höhere Denkleistungen eine Rolle spielen könnten

Komplexe Verhaltensweisen, die ihre eigene Sprache sprechen: Beim »Bienentanz« etwa melden Sammlerinnen – markiert mit roter und blauer Leuchtfarbe – Entfernung und Richtung einer ergiebigen Blütenweide. Fledermäuse können ihre Jungen im Gewühl eines »Kindergartens« aufspüren: Mutter und Kind erkennen sich unter anderem am »Geschrei«

Kreative Meister oder Roboter der Gene?

als Erklärungen oft nicht aus: Hyänen, afrikanische Wildhunde und Löwen jagen in gut koordinierten Gruppen, wobei sie so gezielt vorgehen, als hätten sie einen Plan ihres Territoriums im Kopf oder als könnten sie die Reaktionen ihrer Beutetiere vorhersehen. Antilopen und Zebras scheinen hingegen genau zu wissen, wann ein Räuber hungrig ist und wann nicht: Wenn ein satter Löwe an einer Herde vorüberzieht, löst er nicht die geringste Fluchtreaktion aus

Nicht nur die Aktionen hochentwickelter Säugetiere lassen an geistige Fähigkeiten glauben. Auch Insekten lösen immer wieder ob ihres „Einfallsreichtums" Erstaunen aus. Bienenvölker etwa, die der deutsche Verhaltensforscher Martin Lindauer von München ins süditalienische Salerno brachte, hatten dort zunächst große Probleme. Im warmen Klima der neuen Umgebung war Wachs als ausschließlicher Wabenbaustoff nicht geeignet: Die Waben schmolzen, noch bevor sie fertig waren. Innerhalb kürzester Zeit „lernten" die bayerischen Bienen jedoch, die Waben wie ihre italienischen Verwandten aus einer hitzefesten Harz-Wachsmischung zu formen.

Zacke nach Zacke bricht aus der Krone der Schöpfung

Zumindest für Donald Griffin ist dieses Beispiel unter vielen anderen ein Hinweis dafür, daß festgefugte genetische Programme allein nicht ausreichen, solch differenziertes Handeln zu erklären, denn diese seien viel zu starr und zu träge, um solch schnelles „Umschalten" des nordischen Bienenvolks zu erlauben. Haben Lindauers anpassungsfähige Insekten irgendwelche anderen Baustoffe nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum getestet? Der Forscher hat nichts dergleichen beobachten können. Er glaubt eher an genetisch festgelegte Fähigkeiten, die jedoch durch Umwelteinflüsse aktiviert werden müssen.

Doch es scheint ratsam zu sein, sich auf manche Überraschung gefaßt zu machen. So weisen neuere Untersuchungen des amerikanischen Zoologen James Gould darauf hin, daß Bienen mit ihren winzigen Gehirnen in der Lage sind, Blüten als grob aufgelöste Bilder im Gedächtnis zu speichern – eine Fähigkeit, die Wissenschaftler bisher im Insektenreich nicht gefunden hatten.

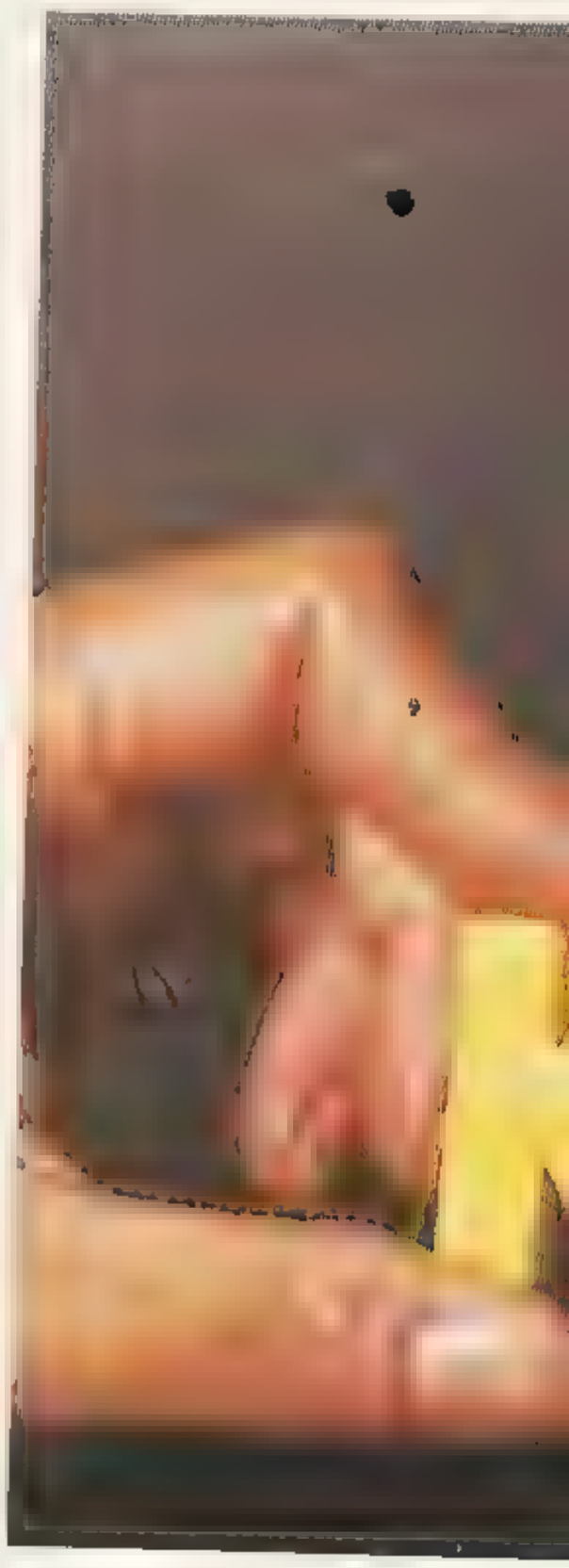
Zacke nach Zacke bricht aus der Krone der Schöpfung. Lange galt beispielsweise die Benutzung von Werkzeugen als Monopol des Menschen und als typisch für ihn. Heute wissen wir, daß Schimpansen mit Steinhämmern Nüsse knacken und mit bearbeiteten Stöcken Termiten angeln. Eisbären gelegentlich Robben mit Eisbrocken erschlagen oder Grünreiher Zweige in kleine Stükke brechen und damit Fische ködern. Wie der menschlichen Überheblichkeit zum Hohn benutzen selbst die „primitiven" Insekten raffinierte Hilfsmittel: Ameisen der Gattung *Aphaenogaster* sammeln Fruchtfleisch, Honig und Körperflüssigkeit anderer Tiere. Sie tauchen trockene Holzstückchen oder Blatt-Teile in die Flüssigkeit, bis diese vollgesogen sind. Auf diese Weise können die Tiere etwa zehnmal soviel Nahrung zum Nest transportieren wie in ihrem Magen.

Der intellektuelle Unterschied im Werkzeuggebrauch zwischen diesen Ameisen und den Menschenaffen ist allerdings gewaltig: Alle *Aphaenogaster*-Arbeiterinnen verwenden auf Grund eines vererbten Programms einen „Schwamm" zum Nahrungsammeln. Nußknackende Schimpansen gibt es hingegen nur in einem kleinen Gebiet im westafrikanischen Taï-Nationalpark. Also kann weder die Benutzung des Steinhammers noch die dazugehörige Methode angeboren sein. Vielmehr hat, so die Meinung vieler Biologen, ein besonders gewitzter Vorfahre diese Technik ausgetüftelt und an seine Nachkommen tradiert. Nicht jeder Werkzeuggebrauch ist demnach unbedingt ein Zeichen für ausgeprägte Denkleistung. Entscheidend dabei ist, ob schöpferische Phantasie im Spiel war.

Setzen Erfindungsgabe und Kreativität aber nicht Bewußtsein voraus? Höchstwahrscheinlich schon, aber wie lassen sich diese Eigenschaften an Tieren beweisen? Falls einige wirklich bewußt denken und fühlen, können wir nur etwas darüber erfahren, wenn wir die Signale verstehen, mit denen sie Inhalte mitteilen. Ansätze zu – für den Menschen erfaßbarer – sprachlicher Intelligenz bei Tieren werden darum als Indiz für Bewußtsein besonders hoch eingeschätzt: Sprache ist das einzig sichere, nachprüfbare Merkmal für die Anwesenheit von Gedanken, glauben viele Wissenschaftler dieses Jahrhunderts.

In diesem Sinne überzeugte der Zwergschimpanse Kanzi selbst manche hartnäckigen Zweifler davon, daß seine sprachlichen Fähigkeiten zumindest denen eines zweijährigen Kindes entsprechen (siehe Seite 112). Eine beso
dere Sprachbegabung wird auch D
phinen sowie anderen Walen nachg
sagt. Eine Voraussetzung für wirklich
Sprachvermögen ist die Fähigkeit, B
griffe sinnvoll zu verknüpfen, al
Grammatik zu erlernen. Trotz intens
ver Forschung ließen sich bisher in de
vielfältigen Lautmustern und „Gesä
gen" der Meeressäuger jedoch kei
echten sprachlichen Strukturen entde
ken.

Um so erstaunlicher sind neue Fo
schungsergebnisse des amerikanische
Delphinologen Lou Herman: Er vers
chert, daß seine Tiere auf Tausend
unterschiedlicher Befehle richtig rea
gierten, die ihnen über eine Gebärden



Federvieh, das selbst Skeptik verblüfft

sprache vom Beckenrand mitgeteilt werden. Sie verstünden einen „Wortschatz" von 50 Handzeichen und daraus zusammengesetzte Sätze mit bis zu fünf „Wörtern". Das Weibchen Phoenix interpretierte die Reihenfolge der Worte grammatisch richtig und unterschied somit zwischen Aufforderungen wie „bring schwimmenden Frisbee zum Reifen am Beckenboden" und „bring Reifen am Beckenboden zu schwimmendem Frisbee". Delphine seien offensichtlich in der Lage, einfache Satzbauregeln zu begreifen, obwohl sie selbst – wie die Untersuchungen ihrer Gesänge nahelegen – nicht „sprechen". Wegen der enormen Größe ihrer Gehirne und deren dem Menschenhirn angeblich ähnlichem Aufbau wird den Meeressäugern nicht nur in New-Age-Zirkeln ein Bewußtsein zugesprochen, das jenes des Menschen noch übertreffe.

Auf die Größe des Gehirns kommt es nicht an

Aktuelle Forschungsergebnisse belegen jedoch das Gegenteil: Das Delphin-Gehirn ist nicht, wie bei den meisten anderen Säugetieren, in sogenannte Assoziations-Felder unterteilt. In seiner Struktur gleicht es hingegen eher dem einfacheren Gehirn einer Fledermaus als dem des Menschen

Die Hirngröße ist ohnehin nur ein vager Anhaltspunkt für ausgeprägte Denkleistungen. Vögel etwa besitzen wesentlich kleinere und zudem anders aufgebaute Gehirne als Säugetiere. Doch ein Graupapagei namens Alex verblufft auch mit wenig grauer Masse unterm Schädeldach die Fachwelt: Seine Abstraktions- und Kombinationsgabe hält dem Vergleich mit jener von Menschenaffen stand. Alex hat in seinen 16 Lebensjahren sieben Farben und fünf Formen zu unterscheiden gelernt sowie die Begriffe von 80 unterschiedlichen Gegenständen – in gut verständlichem Englisch. Zeigen ihm seine Betreuer ein grünes und ein blaues Dreieck und fragen: „Was ist gleich?", antwortet Alex: „Form".

Alex' Sprechkünste mögen im Vergleich zu den unsrigen bescheiden sein, doch sie geben Aufschluß darüber, wie dieses Tier kombiniert und kategorisiert. Noch sind Alex und Kanzi spektakuläre Ausnahmeerscheinungen. Und es ist noch offen, ob die Indizienkette sich irgendwann so weit verdichtet, daß Denkvorgänge bei Tieren als erwiesen gelten können.

Schon von Mensch zu Mensch ist es sehr schwierig, jeweils eine Vorstellung vom geistigen Kosmos des anderen zu erlangen. Ohne sprachliche Kommunikation erscheint die Welt in den Köpfen der Individuen anderer Spezies geradezu als undurchdringlich. Allerdings gilt heute unter manchen Fachleuten die Beherrschung von Sprache als Resultat, als Weiterentwicklung des Bewußtseins und nicht – wie bisher angenommen – als eine Voraussetzung für bewußtes Denken. Damit sind jedoch die Zweifel berechtigt, ob das Konzept des „Selbst" eine rein menschliche Domäne ist.

Schimpansen zumindest haben bereits vor einigen Jahren so etwas wie Selbst-Bewußtheit demonstriert. Amerikanische Forscher hatten in einem aufsehenerregenden Spiegel-Experiment narkotisierte Schimpansen mit roten Flecken an Stirn oder Ohrläppchen markiert. Diejenigen Tiere, die vorher keine Erfahrungen mit Spiegeln gemacht hatten, beachteten die Markierungen nicht. Aber alle Schimpansen, die gewohnt waren, sich im Spiegel zu betrachten, griffen sofort nach den Farbtupfen an ihrem Kopf – für die Forscher ein Beweis dafür, daß die Tiere das Spiegelbild als Darstellung ihres eigenen Körpers erkannten. □

Der Graupapagei Alex ist in die Geschichte der Forschung eingegangen, denn sein Abstraktionsvermögen hält dem Vergleich mit jenem von Menschenaffen stand: Der sprechende Alex kann unter anderem 80 unterschiedliche Gegenstände und bisher fünf Buchstaben unterscheiden: K, T, S, N, und I

Der Wissenschaftsjournalist **Rüdiger Braun**, 33, ist Biologe und lebt in Würzburg

Bislang galt Sprache als Domäne des Menschen. Doch da gibt es Kanzi: Der Zwergsch

Ein sprachgewandter Vetter

Zwei Jahre Arbeit, und kaum ein Ergebnis: Matata begreift es einfach nicht. Die Bonobo-Zwergschimpansin sollte „Yerkish" lernen, eine Kunstsprache mit 256 abstrakten Symbolen für Substantive und Verben. Nicht einmal sieben Zeichen konnte sie sich merken. Sue Savage-Rumbaugh war enttäuscht. Die Wissenschaftlerin am Sprachforschungszentrum der Georgia State University in Atlanta hatte geglaubt, daß Bonobos sprachlich mehr auf dem Kasten hätten als gewöhnliche Schimpansen.

Matata offenbar nicht Allerdings störte ihr Adoptivsohn Kanzi regelmäßig den Unterricht, tobte auf ihr herum und schlug wahllos auf die Yerkish-Tastatur ein. Bis zu jenem Tag, an dem Kanzi darauf erstmals das Symbol für „Ball" berührte – und gleichzeitig auf einen Ball zeigte, der in seiner Nahe lag. Wenig später drückte er das Zeichen für „Apfel" und wählte aus unterschiedlichen Früchten tatsächlich einen Apfel aus. Bald stand fest. Der junge Bonobo hatte diverse Yerkish-Zeichen so natürlich wie ein Menschenkind gelernt – nur durch Beobachtung, ohne Drill und süße Belohnung.

Das war 1982. Heute ist Kanzi elf Jahre alt und gilt als größte linguistische Begabung im Tierreich. Er benutzt 200 Zeichen auf dem Yerkish-Keyboard, kombiniert sie miteinander oder hilft mit Gesten nach. Er bringt satzähnliche Aussagen aus zwei, manchmal drei „Wörtern" hervor, die sinngemäß dem Gestammel von Kleinkindern entsprechen. Kanzi bestellt sich Decken für sein Bett, verrät, was er gegessen hat, was und mit wem er spielen möchte. Und wenn er abends den Urmenschenfilm „Am Anfang war das Feuer" sehen will, dann haut er die Symbole für „Fernseher" und „Lagerfeuer" in die Tasten.

Kanzi weiß sich aber nicht nur auszudrücken – er versteht sogar das gesprochene Wort. Unter einer Decke kauernd, reichte Kanzi auf Zuruf bestimmte Gegenstände heraus. Im Alter von acht Jahren bewies er sein Verständnis von kompletten Sätzen. Vom einfachen „Lege die Rosinen in die Schüssel" bis hin zu verschachtelten Konstruktionen wie „Hol die Orange, die im Gruppenraum liegt!"

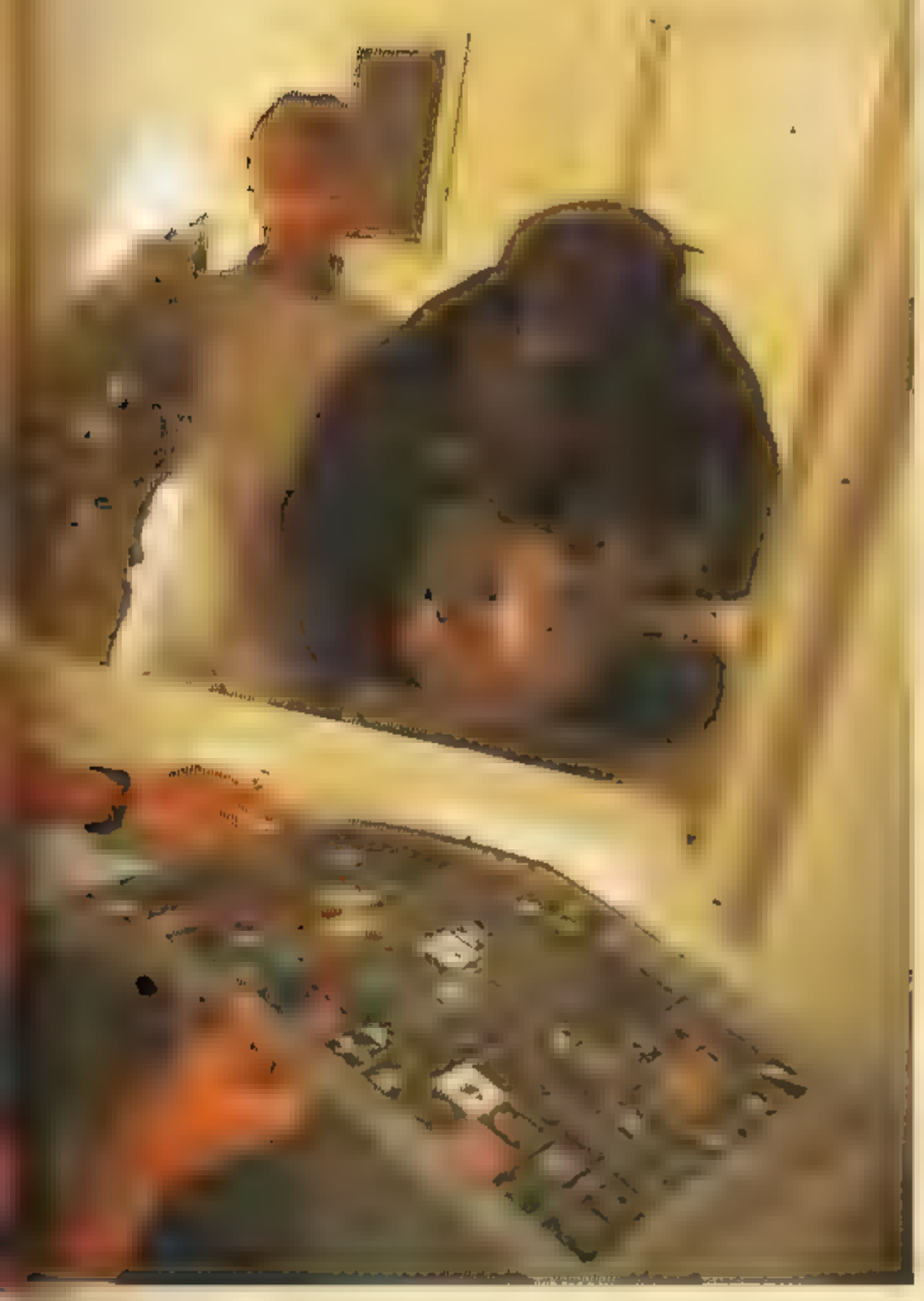
Der Musterschuler verstand zwei Drittel von über 400 Satzen richtig. Alia, die zweijährige Tochter eines Institutsmitarbeiters, war ihm bei bestimmten Aufgaben deutlich unterlegen. Im Gegensatz zum Hund, der auf das Wort „Gassi" reflexiv mit dem Schwanz wakkelt und zur Tür rennt, zeigt der begabte Bonobo zumindest Ansätze von dem, was Fachleute „mentale Repräsentation" nennen und bislang als exklusiv menschliche Fahigkeit gegolten hat· Er versteht und benutzt Worte symbolisch

Mit Kanzi erwachte eine totgesagte Wissenschaft zu neuem Leben. Noch in den siebziger Jahren büffelten mehr als ein Dutzend Gorillas, Orang-Utans, und Schimpansen in US-Sprachlabors. Doch 1979 stürzte die Disziplin in sich zusammen: Der New Yorker Psy-

Kanzi gibt Audienz: Der Zwergschimpanse unterhält sich regelmäßig mit Besuchern auf »Yerkish«. Diese Symbolsprache wurde für Menschenaffen erfunden, da deren Kehlkopf nicht zur Bildung komplizierter Laute taugt. Die Glaswand dient dazu, die Gäste vor Kanzis Lieblingsbeschäftigung zu schützen: raufen und kitzeln

...nse kann sich mit Symboltäfelchen verständlich machen

SCHIMPANSEN



chologe Herbert Terrace hatte die Fachwelt überzeugt, daß Affen keine Sätze bilden, geschweige denn verstehen könnten. Vier Jahre lang hatte er den Schimpansen Nim Chimpsky auf die amerikanische Gebärdensprache „ASL" gedrillt. Nim lernte zwar ein kleines Vokabular, und „oberflächlich besehen", so Terrace, „erschienen viele seiner Äußerungen wie Sätze". Aus Videobändern ging jedoch hervor, daß es gar nicht Nims eigene Sätze waren: Der Affe hatte die Aussagen seiner Trainer kopiert.

Terrace schob den Versager in ein Primatenzentrum nach Oklahoma ab und holte zum Rundumschlag aus: Die Versuchstiere seiner Kollegen seien auch nicht schlauer. Einzig die Gier nach Belohnungen treibe unsere behaarten Vettern dazu, auf die Sprachspiele der Wissenschaftler einzugehen. Begreifen würden sie indes wenig: Affen könnten gelernte Begriffe nicht zu neuen Aussagen kombinieren.

Kein Experte und kein Affe konnte diesen Vorwurf entkräften. Gelder versiegten, das einflußreiche Wissenschaftsmagazin „Science" lehnte fortan jeden Artikel über „sprechende" Menschenaffen ab. Bis Sue Savage-Rumbaugh und Kanzi sich zu Wort meldeten und die Debatte neu entfachten.

Freilich wird auch Kanzi niemals wie sein Artgenosse aus Kafkas „Ein Bericht an eine Akademie" vor einem Auditorium über das Affenleben dozieren können. Kanzi lernt langsamer als Kinder, und seine Mitteilungen sind banaler. Aussagen aus Subjekt, Prädikat und Objekt bringt er sehr selten hervor. Aber warum sollte er auch: Kurzer Satz – immer verständlich. Sein Satzbau ist allerdings nicht beliebig. Wenn er „Fangen, Beißen" sagt, besteht er darauf, daß Sue Savage-Rumbaugh ihn zunächst einfängt und dann erst beißt. Und Gesten kombiniert er mit Yerkish-Symbolen immer in der Reihenfolge Symbol – Geste. Für diese Konstruktionen hatte er kein menschliches Vorbild. Sue Savage-Rumbaugh vermutet, daß alle Bonobos eine solche „Protogrammatik" entwickeln könnten, wenn sie nur früh genug mit Sprache konfrontiert würden. Matata, Kanzis Adoptivmutter, sei schon zu alt gewesen.

Aus ihren Erfahrungen schließt die Forscherin, daß die Sprache älter ist als der Mensch. Vor mindestens fünf Millionen Jahren müsse es einen gemeinsamen Vorfahren von Mensch und Schimpansen gegeben haben, der zumindest die Anlage zur Sprache besaß. Der Mensch habe diese Sprachfähigkeit geerbt und Schritt für Schritt ausgebaut.

Sue Savage-Rumbaugh bemüht sich, Kanzis Mitteilungen hieb- und stichfest zu dokumentieren. Die Yerkish-Tastatur ist an einen Computer angeschlossen, der jede Äußerung Kanzis speichert. Somit können sich auch andere Wissenschaftler von dem äffischen Redefluß ein Bild machen – und Kanzis Kommentare nicht als „Anekdoten" abqualifizieren. Dieser Vorwurf hatte die Pioniere des Faches in den sechziger und siebziger Jahren häufig getroffen.

Dennoch konnte Sue Savage-Rumbaugh nicht alle Forscherkollegen überzeugen. Terrace findet Kanzis Äußerungen zu simpel und zu manipulativ: „Immer noch benutzt er die Symbole gezielt, um an Belohnungen zu kommen." Immerhin raumt der Alt-Kritiker ein, daß Kanzi „nicht gedrillt werden mußte, um die Symbole zu lernen". Aber das reicht ihm als Beweis für die Sprachfähigkeit des Bonobos nicht aus. Da erwartet er mehr – etwa einen berichtenden Satz wie „Ich habe dieses erlebt". Andere Forscher wollen, bevor sie ein Urteil abgeben, zunächst weitere Versuche mit Zwergschimpansen abwarten. Das allerdings wird problematisch: Die aus Zaire stammenden Bonobos sterben aus.

Und Kanzi? „Er ist sehr frustriert", sagt Sue Savage-Rumbaugh. Yerkish, glaubt sie, reicht ihm nicht mehr. Immer öfter quiekt er in höchsten Tönen – für die Affenforscherin ein Hinweis darauf, daß er versucht, eine Lautsprache zu entwickeln. Bisher ist es ihm wohl noch nicht gelungen. Oder wir Menschen haben ihn nur noch nicht verstanden.

Marco Evers

VON AMY PARISH

Whuuu whuu whu! Jane Goodall kann es nicht lassen. Regelmäßig heult die britische Verhaltensforscherin am Anfang eines Vortrages los. Diesmal aber, im dicht besetzten Kongreßsaal eines Hotels in Chicago, stellt sich danach keine betroffene Ruhe ein. Das Publikum antwortet seinerseits mit Pant-Hoots – wie Fachleute das Begrüßungsgeheul von Schimpansen bezeichnen.

Die 300 Schimpansenexperten haben allen Grund, derart lautstark zu demonstrieren, wie nahe verwandt sie sich ihren Forschungsobjekten fühlen: Ihre Studien geben nicht allein über Menschenaffen Aufschluß, sondern be-

Seit einiger Zeit machen sich auch Biologen, vor allem gestützt auf Ergebnisse der Primatenforschung, daran, unser Denken und Fühlen zu entschlüsseln: So werden tugendhafte Regungen wie der Gerechtigkeitssinn – hier von Schimpansen bei der Nahrungsverteilung demonstriert – von einigen Forschern bei Tier und Mensch als purer Eigennutz definiert

Moral hat

rühren auch das Selbstverständnis des Primaten Mensch. So ist unser Körperbau noch immer mit „Nachäffen" beschäftigt – vom vormaligen Klettern im Geäst zeugen etwa ein frei beweglicher Daumen sowie überlappende Sichtfelder der Augen, die räumliches Sehen ermöglichen.

Längst wird jedoch nicht mehr allein die Hardware des „nackten Affen" auf haarige Altvordere zurückgeführt. Seit einiger Zeit macht sich die Evolutionsbiologie mit Hilfe der Primatenforschung daran, auch die Geschichte der Software zu entschlüsseln: unsere Art zu denken und zu fühlen. Vor allem tugendhafte Gefühlsregungen wie „Dankbarkeit" oder „schlechtes Gewissen" werden in neueren Theorien aufs Korn genommen und als purer Eigennutz enttarnt.

Die neue Forschungsrichtung der „evolutionären Psychologie" beruft sich auf die Tatsache, daß die Angehörigen der Gattung Mensch während 99,5 Prozent ihrer gut zwei Millionen Jahre dauernden Entwicklung als Jäger und Sammler lebten. Landwirtschaft wird erst seit etwa 10 000 Jahren in größerem Ausmaß betrieben. Die Lebensweise des modernen Menschen entspricht deshalb nicht mehr den Bedingungen, unter denen sich unser Denken einst geformt hat. Um das EEA zu rekonstruieren – das „environment of evolutionary adaptedness", wie die „Umwelt der evolutionären Anpassung" mit angelsächsischer Vorliebe für Abkürzungen etikettiert wird –, sind aber nicht nur die wenigen überlebenden Kulturen von Jägern und Sammlern von Interesse. Was und wie frühe Menschen dachten, um zu leben und zu überleben, dafür geben auch unsere stammesgeschichtlich nächsten Verwandten passable Modelle ab.

Auf der Konferenz in Chicago im Winter 1991 wurde erneut klar, daß viele Kriterien der angestrengten Unterscheidung zwischen Mensch und Tier hinfällig sind. So verlautete aus den Labors von Primatologen: Trainierte Schimpansen oder Bonobos vermögen

nicht der Mensch allein

Der »Zoomorphismus« des 17. Jahrhunderts suchte die Menschenseele in der Tierphysiognomik. Der Künstler und Forscher Charles Le Brun sah im menschlichen Kopf deutliche Zeichen der tierischen Verwandtschaft. Der Ziegenbock zum Beispiel verkörperte damals Dummheit und Lüsternheit

Menschen bei bestimmten Zahlentests am Computer glatt zu schlagen, verstehen Englisch, können primitive Faustkeile herstellen oder sich Delikatessen rösten – wobei zuvor eigenhändig ein Lagerfeuer entzündet wird. Wer hier nichts als raffinierte Dressur wittert, den belehren die Freilandforscher eines Besseren. Denn auch in ihrer ursprünglichen Heimat, den Wäldern Afrikas, bestechen Schimpansen durch ihre außerordentliche Pfiffigkeit: Mit Hammer und Amboß aus Holz oder Stein knakken sie harte Nüsse oder verfolgen, mit Knüppeln bewaffnet, Leoparden.

Überlappungen zwischen der geistigen Potenz von Schimpansen und Menschen sind allerdings nicht nur auf die Fähigkeit beschränkt, praktische Techniken auszuführen. Menschenaffen verfügen beispielsweise über so etwas wie Gerechtigkeitssinn, wie der niederländische Ethologe Frans de Waal auf Grund jahrelanger Beobachtungen im Zoo von Arnheim behauptet. Dort, in der weltgrößten Schimpansenkolonie in Gefangenschaft, hängt die Ranghöhe keineswegs allein von der Körperkraft ab, sondern auch von der Fähigkeit, Koalitionen zu bilden. So halfen die Schimpansenfrau Puist und ihr männlicher Kollege Luit einander regelmäßig, wenn sie von Rivalen attackiert wurden.

Eines Tages wurde Puist von Nikkie angegriffen, und sie streckte flehend die Hand nach Luit aus. Der machte allerdings keine Anstalten, ihr aus der Patsche zu helfen. Das löste bei der Schimpansin ein Verhalten aus, das de Waal „moralistische Aggression" nennt: Sie schlug heftig auf den ungetreuen Bündnispartner ein.

Beckmesserischer Tauschhandel liegt auch vor, wenn Schimpansen sich ans Teilen machen: Gibt Puist Leckerbissen an Luit ab, teilt später auch Luit mit Puist. Allerdings muß die Rückzahlung nicht in gleicher Währung erfolgen. Wenn Puist morgens das Fell von Luit pflegt, teilt der ebenfalls mit größerer Wahrscheinlichkeit am Nachmittag sein Zuckerrohr mit ihr. Nach de Waal sorgt eine geistige Buchhaltung sozialer Ereignisse dafür, daß nicht einseitig Vorteile angehäuft werden: Hat Puist morgens bereits das Fell von Luit gepflegt, ist es wenig wahrscheinlich, daß er am Nachmittag auch noch Essen abbekommt.

Der schimpansische Sinn für Fairness nährt sich also nicht aus Selbstlosigkeit, sondern soll den Eigennutz anderer im Zaum halten. Wir können dieses Verhalten gut nachfühlen, da sich auch unser Denken und Handeln an den Regeln der Gegenseitigkeit ausrichtet.

So jedenfalls sieht es der Amerikaner Richard Alexander, Biologe an der Universität von Michigan in Ann Arbor. Alexanders Theorie gründet in soziobiologischen Vorstellungen, nach denen der Mensch über weite Strecken seiner Stammesgeschichte in Familiengruppen lebte und deshalb besonders willig war, zu teilen. Jeder Wohltäter ging nur ein kleines Risiko ein. Denn selbst wenn ein Blutsverwandter auf Kosten eines anderen lebt und sich fortpflanzt, gelangt zumindest ein Teil der genetischen Information des Ausgenutzten an die nächste Generation. Das eigene Erbgut ist beispielsweise mit dem eines Geschwisters zur Hälfte identisch und mit dem von Neffen und Nichten immerhin zu einem Viertel. Bei solcher Vetternwirtschaft profitieren mithin nie die Falschen von eigener Großzügigkeit.

Zusammenarbeit wurde zunehmend wichtig, weil archaische Familienclans vor allem eines zu fürchten hatten: andere Menschen. Bei kriegerischen Konflikten um Nahrung und Lebensraum war es vorteilhaft, einer möglichst großen Gemeinschaft anzugehören. Vielköpfige Gruppen können aber nicht mehr auf der Basis von Vetternwirtschaft zusammengehalten werden, sondern Kooperation mit Nicht-Verwandten wurde notwendig. Damit die Kämpfer sich im entscheidenden Moment auf Rückendeckung verlassen konnten, mußte das Prinzip der Gegenseitigkeit von allen respektiert werden: „Hilfst du mir, helf' ich dir."

Um dieses Wechselspiel von Geben und Nehmen in Gang zu halten, kreierte nach der Meinung Alexanders die Psyche Mechanismen wie das „schlechte Gewissen" und die Fähigkeit zur „Dankbarkeit" – leise, innere Stimmen, die daran erinnern, empfangene Wohltaten zu vergelten. Jedoch mahnen nicht nur Engelszungen zur Tugend, sondern es kläfft auch der innere Schweinehund: „Gib dich hilfreicher aus, als du bist!" Denn wenn andere glauben, bereits mehr Wohltaten als tatsächlich empfangen zu haben, dann macht Ego unter dem Strich ein gutes Geschäft. Deshalb hat die Psyche, so der Schluß von Richard Alexander, ihre parasitischen Fertigkeiten verfeinert.

Aus Eigeninteresse lohnt es sich aber auch, den sozialen Druck in Richtung auf die Ideale der Moral zu unterstützen. „Edel sei der Mensch, hilfreich und gut" schreibt sich Ego auf die Fah-

Die Adlernase stand besonders hoch im Kurs – als ein Symbol der Großzügigkeit und des Edelmuts

Augen mit kleinen Pupillen wie bei Füchsen oder Schlangen galten als ein Zeichen von Verschlagenheit

nen, versucht aber zugleich, stets ein wenig unter dem Standard an Hilfsbereitschaft zu bleiben, den es aus seinem Nächsten herauskitzeln möchte. „In einer Welt von Egoisten", resumiert Alexander, habe nur der den Schaden, der Forderungen wie „Jeder sollte versuchen, zu sein wie Jesus" erfullt.

Nicht wenige Menschen werden gegen solch nuchterne Weltsicht heftigen Widerspruch anmelden, denn viele meinen, nicht in Kosten-Nutzen-Bilanzen zu denken. Doch auch das sagt Alexanders Theorie vorher: Die egoistisch unterwanderte Moral hat um so bessere Aussicht auf Erfolg, je verborgener die wahren Motive fur das eigene Ego sind. Sobald sich verwerfliche Absicht im Hirn breitmacht, neigen wir dazu, selbstverräterische Signale auszusenden: Wir bekommen feuchte Hände, werden rot, unsere Stimme beginnt zu zittern. Auf unserem Gehirn, so interpretiert der Wissenschaftler weiter, muß deshalb ein starker Selektionsdruck gelegen haben, die selbstsüchtige Absicht unseres Handelns zu verdrängen und dem Eigennutz eine Schaltstelle im Unterbewußten einzuraumen. Deshalb wirken jene Moralapostel am überzeugendsten, die gar nicht wissen, daß sie heucheln.

Ego und die anderen Egoisten – wie die Schimpansen – tun gut daran, innerlich genau Buch zu fuhren, ob erbrachte Vorleistungen in angemessenem Umfang und angemessener Zeit zurückgezahlt werden. Das an der kalifornischen Universität Stanford arbeitende Forscher-Ehepaar Leda Cosmides und John Tooby rüttelt in diesem Zusammenhang an der Vorstellung, unser Hirn sei ein flexibles Allzweckwerkzeug. Ihrer Meinung nach richtet sich der Verstand selten nach den Gesetzen der Logik, sondern beachtet vor allem jene speziellen Regeln, die für das Überleben während der Evolution der Art relevant waren. Innere Alarmsignale würden etwa dann besonders stark spurbar, wenn es um die Kontrolle anderer gehe.

Um diese Vermutung zu prüfen, wurden Versuchspersonen aufgefordert, die Gültigkeit der simplen Regel „Wenn A, dann B" für bestimmte Situationen festzustellen. War die Regel rein beschreibend – „Wenn Hans in Hamburg ist, fährt er mit der U-Bahn" –, wurden überraschend viele Fehler gemacht. Ließ das Szenario jedoch Möglichkeit für Betrug offen – „Wenn Hans ein Plätzchen nimmt, muß er einen Dollar zahlen" –, wurde die Regel weit häufiger erkannt.

Die Frage ist, ob in unserem Gehirn tatsachlich etwa ein Programm „Entdecke Betruger!" operiert, das sich nicht um Logik schert. Um dies zu klären, wurden andere Versuchspersonen mit „umgekehrten Sozialverträgen" konfrontiert. Die zu überprüfende Regel hatte die Struktur von „Wenn Hans einen Dollar zahlt, muß er ein Plätzchen nehmen". Die Personen erkannten schlecht, daß eine Regelverletzung dann vorliegt, wenn Hans das Plätzchen *nicht* nimmt. Hingegen richteten sie auch weiterhin ihr besonderes Augenmerk auf jene Situationen, in denen Hans seinen Dollar nicht zahlte – eine unlogische Wahl, denn dies verstieß nicht gegen die vorgegebene Regel.

Für Tooby und Cosmides macht dieses Verhalten aus der Sicht der Evolutionsbiologie durchaus Sinn. Denn in der Frühgeschichte der Menschheit überlebten nur diejenigen, die darauf achteten, daß sie im Wechselspiel gegenseitiger Hilfe nicht übervorteilt wurden – auf vordergründige Logik kam es dabei nicht an.

Während Menschen viele soziale Normen entwickelt haben, die auf alle Mitglieder ihrer Gesellschaft gleichermaßen zutreffen, scheinen die unter Menschenaffen gültigen Regeln sich eher auf private Beziehungen zu beschränken. Schimpansen haben, wie Jane Goodall es ausdrückt, „eine Ordnung ohne Gesetz".

Doch vielleicht haben Forscher die Menschenaffen auch in dieser Hinsicht unterschätzt, denn es gibt Anzeichen für kollektive Normen: In Arnheim haben die Schimpansen gelernt, daß sie am Abend erst gefüttert werden, wenn auch das letzte Gruppenmitglied vom Freigehege in die Käfige zurückgekehrt ist. Saumselige Freigänger begrüßt die hungrige Kolonie feindselig, und der Sinn für Pünktlichkeit wird kollektiv durchgesetzt: Als einmal zwei junge Weibchen erst nach Stunden das Nachtlager im Gebäude aufsuchten, half ihnen auch die Isolation in separaten Käfigen nichts: Die frustriert Wartenden beglichen die Rechnung für die vermasselte Mahlzeit am nächsten Morgen im Freigehege mit einer Tracht Prügel. □

Die Anthropologin **Amy Parish**, 26, arbeitet an der University of California in Davis

Eine Gemeinsamkeit aller Primaten: Nicht allein die Körperkraft bestimmt die Höhe des Rangs in der Gemeinschaft, sondern – wie bei diesen Schimpansen – die Fähigkeit, Koalitionen zu bilden

Der Blätterwald - ei

den deutschen Wald.

Lichtblick für

Holz aus deutschen Wäldern für die Papierherstellung ist nur Bruch- und Durchforstungsholz.

Unsere Wälder müssen gepflegt werden, damit sie ihre Funktionen als Sauerstofflieferant, Klimaschutz, Erholungsraum und Wirtschaftswald erfüllen können. Deshalb werden sie durchforstet, Schnee- und Windbruch werden entfernt. Das dabei anfallende Holz ist eine wichtige Rohstoffquelle für die deutsche Papierproduktion. Mit der Verwendung dieses Holzes tragen die deutschen Papierhersteller entscheidend zur Erhaltung eines gesunden, lebensfähigen Waldes bei. Im übrigen wird der deutsche Wald nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit bewirtschaftet: Für jeden gefällten Baum wird mindestens ein neuer gepflanzt. Die deutschen Papierfabriken importieren den aus Holz gewonnenen Zellstoff nur aus Ländern, in denen dieses Prinzip ebenfalls befolgt wird. So ist sichergestellt, daß der Rohstoff der Papierfabriken auch in Zukunft und im Einklang mit der Natur zur Verfügung steht.

Wollen Sie mehr über Papier wissen? Rufen Sie uns bitte an. Zum Nulltarif:

01 30 - 83 73 53 Die Initiative Umwelt und Papier informiert Sie gerne.

PAPIER
Kultur aus Natur

Wo das Chaos sinn

Vielfaserige Stränge
verknüpfen die Außen- mit
der Innenwelt – so wie diese
beiden unterschiedlich
eingefärbten Sehnerven einer
Maus, die Signale von den
Augen zum Hirn leiten

nvoll waltet

Ein überraschendes Bild des Gehirns – und damit unseres Geistes – zeichnet sich ab. Es hat keinerlei Ähnlichkeit mehr mit jenen Vorstellungen, die sich am Computer orientieren. Vielmehr gleicht das neue Modell eher der Beschreibung einer Ansammlung chaotisch-kreativer Diskussionen: Für die »Konnektionisten« unter den Hirnforschern entspringen Wahrnehmen, Denken und Erinnerung den dynamischen Fluktuationen raffiniert verknüpfter neuronaler Netzwerke

KONNEKTIONISMUS

VON FRANZ MECHSNER FOTOS: WOLFGANG VOLZ

Blaue, grüne, rote Wolken und Schlieren beherrschen die grellbunte Komposition. Dazwischen wirbeln Farbstrudel, „Windrädchen", wie Tobias Bonhoeffer sie nennt: Das Bild auf dem Tisch des jungen Forschers sieht aus, als sei es dem Kopf eines abstrakt malenden Künstlers entsprungen und nicht dem Hirn einer Katze.

Bonhoeffers Bilder enthüllen alltägliche, bis vor kurzem jedoch unsichtbare Vorgänge in der Sehrinde. Deren Aktivität kann der Mitarbeiter des Frankfurter Max Planck-Instituts für Hirnforschung neuerdings mit einem technischen Trick sichtbar machen – im Sekundentakt und erstaunlich detailliert.

Der direkte Blick aufs Schalten und Walten der Sehrinde ist ein Beispiel für die zusehends raffinierteren Methoden, mit denen Forscher zu Entdeckungsreisen ins Universum unter der Schädeldecke aufbrechen, die vor kurzem noch unvorstellbar waren. So nutzt das von dem israelischen Forscher Amiram Grinvald erfundene und von Tobias Bonhoeffer weiterentwickelte „Optical Recording" einen winzigen, nur in rotem Licht sichtbaren Helligkeitsunterschied zwischen aktivem und inaktivem Hirngewebe.

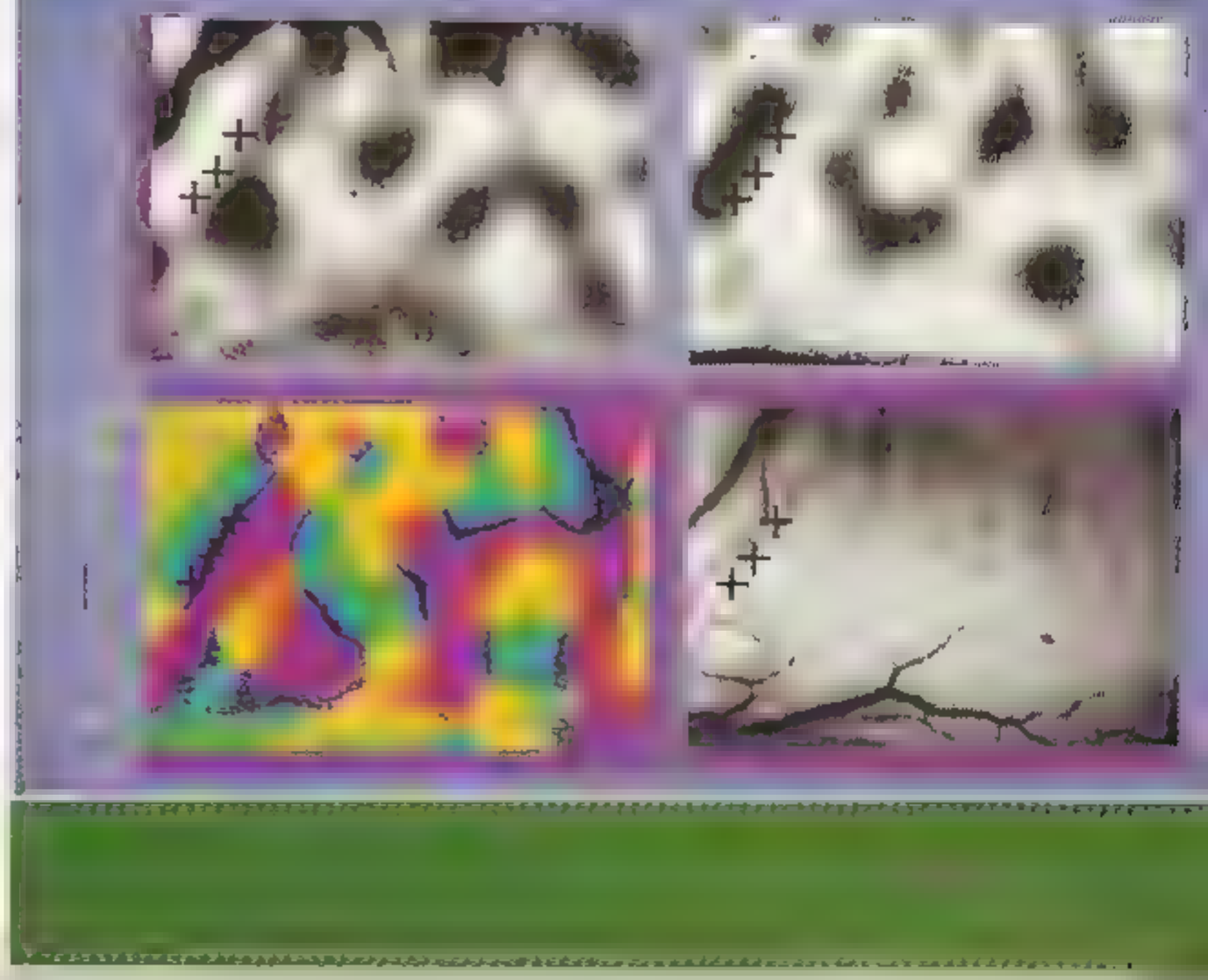
Zwar erlauben die neuen Techniken noch keine direkte Einsicht, wie die Nervenzell-Netzwerke beim Sehen oder gar beim Denken wirklich funktionieren. Aber die experimentellen Vorstöße sowie Computer-Simulationen des neuronalen Zusammenspiels lassen die Erkenntnisse der Hirnforschung regelrecht explodieren

Für einen besseren Durchblick sorgen allerdings nicht nur Laborbefunde, sondern vor allem auch die Gedankengebäude einiger weitsichtiger Theoretiker. Deren teils jahrzehntelang ignorierte Ideen – vor allem die des „Konnektionismus" – stehen plötzlich im Rampenlicht. Schon vergleichen manche Hirnforscher die Euphorie, die ihr Fach erfaßt hat, mit der Aufregung der Physiker während der Entwicklung der Quantenmechanik: Ein neues, überraschendes Bild des Gehirns – und des Geistes – zeichnet sich ab.

„Auf ewig vergeblich" hatte einst Immanuel Kant alle Versuche eingeschätzt, zu ermitteln, „wie die Organe des Körpers mit den Gedanken in Verbindung stehen". In der Tat hielten die meisten Hirnforscher noch bis vor wenigen Jahren die Kluft zwischen den erforschbaren Fakten des zentralen Nervensystems und den Geheimnissen der Psyche für so groß, daß ihnen die Suche nach einer verbindenden Theorie als hoffnungsloses Unterfangen erschien. Umgekehrt glaubten Psychologen in aller Regel, das Gehirn bei ihrem Studium des Wahrnehmens und Denkens ignorieren zu können. Ähnlich wie Computer-Experten bei der Suche nach „Künstlicher Intelligenz" (KI; siehe Seite 134): Bei-

Farbstrudel kartieren die Organisation der Sehrinde

Tobias Bonhoeffer vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung erhellt per Rotlicht Unterschiede zwischen aktivem und inaktivem Gewebe in der Sehrinde der Katze, die bei Tageslicht (unten rechts) unsichtbar bleiben. Die per Computer erzeugten Farbkartierungen verraten, welche Nervenzellverbände auf bestimmte Sehreize reagieren



Wenn sich das schielende Kätzchen fürs Streifenmuster entscheidet, bekommt es eine Belohnung. Solche Versuche im Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung liefern Hinweise darauf, wie Sehstörungen die neuronale Verknüpfung im Gehirn beeinflussen: Schielende Katzen verlieren – wie schielende Kinder – nach einer gewissen Zeit die Fähigkeit, räumlich zu sehen, weil die von beiden Augen empfangenen Bilder in der Sehrinde nicht mehr zu einer einheitlichen Wahrnehmung integriert werden

Ein großer Sprung für ein Kätzchen, ein kleiner Schritt für die Forschung

Das Glimmen von Leuchtsubstanzen, die in die Sehrinde einer Katze eingebracht wurden, verrät, welche Nervenzellen zusammengearbeitet haben

den galt die „Software", das informationsverarbeitende Programm, als Substrat des Geistes, auf welcher „Hardware" dieses Programm läuft – ob Gehirn oder Computer –, schien nebensächlich zu sein.

Das neue Bild des Geistes hat hingegen keinerlei Ähnlichkeit mehr mit einem Computerprogramm, das Schritt für Schritt vorgeht und nicht einmal ausreicht, den Verstand einer Maus nachzuahmen. „Das Hirn ist auch nicht zum Rechnen da", betont Werner von Seelen, Direktor am Institut fur Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum. „Um sich in der Welt zurechtzufinden, scheinen ganz andere Fähigkeiten notwendig zu sein. Das Hirn ist gewissermaßen ein Universalrechner fürs Überleben. Und wie dieser Universalrechner gebaut ist, durfte alles andere als egal sein: Die Evolution konstruiert die Lebewesen so effizient und zugleich so ökonomisch wie möglich."

Wenn im evolutionären Ökonomieprinzip der Schlüssel zum Verständnis der Hirnstruktur liegt, dann würde dieses auch erklären, weshalb sogar Supercomputer unfähig sind, auch nur eine Szene aus dem Kasperltheater zu analysieren. Das menschliche Gehirn mit seinem Cortex, der Großhirnrinde, „ist eine geniale Erfindung der Natur", schwärmt von Seelen. Deshalb sollte jemand, der „wissen möchte, wie wir sehen, hören oder sprechen", nicht „in seiner Studierstube Flußdiagramme entwerfen, sondern sich das Gehirn anschauen".

Gemessen an der Vielfalt der geistigen Leistungen, zu denen wir fähig sind, ist unser Gehirn auf den ersten Blick erstaunlich einförmig aufgebaut. So besteht der Cortex zu einem großen Teil aus dicht gepackten Neuronen, die ihrer Form halber „Pyramidenzellen" heißen. Sie erregen sich über dünne Nervenfortsätze gegenseitig, aktivieren teilweise aber auch Muskeln oder Drüsen. Jede sendet Signale an schätzungsweise 10 000 andere Pyramidenzellen und empfängt von ebenso vielen selbst Botschaften.

Wahrnehmung und Denken als Phänomene, die auf neuronalen Netzwerken basieren

In dieser enormen internen Vernetzung der Hirnrinde scheint die Möglichkeit zum kreativen Chaos, zum blitzschnellen Ausbalancieren vielfältigster Informationen angelegt zu sein. Hirntheoretiker wie Valentin Braitenberg, Direktor am Tübinger Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, argumentieren seit langem und bis vor kurzem fast ungehört, daß bereits der Anatomie des Gehirns dessen Funktion als „Informationsmischmaschine" anzusehen sei. In ihm könnten sehr viele Prozesse gleichzeitig und parallel ablaufen, könnten ungezählte Informationen durcheinanderschwirren, aus denen sich Wahrnehmungen, Gedanken und Urteile herauskristallisieren. Und dieser Prozeß gleiche mehr einer wilden Diskussion als einem logisch voranschreitenden Kalkül.

Von diesem Bild läßt sich heute eine schnell wachsende Gruppe von Hirnforschern inspirieren. Die Modelle dieser „Konnektionisten" beschreiben Wahrnehmung und Denken als Phänomene, die auf neuronalen Netzwerken basieren: auf vielfältig untereinander verknüpften – englisch: *connected* – Nervenzell-Ensembles, die massiv parallel arbeiten und auf viele Regionen des Gehirns verteilt sind. In diesen sich fortwährend selbst organisierenden Gespinsten des Geistes sollen demnach die mentalen Prozesse nicht nur von den Signalen beeinflußt werden, die über die Sinnesorgane hereinströmen, sondern auch von den jeweils herrschenden inneren Zuständen der Netzwerke – etwa von Erinnerungen und Erwartungen.

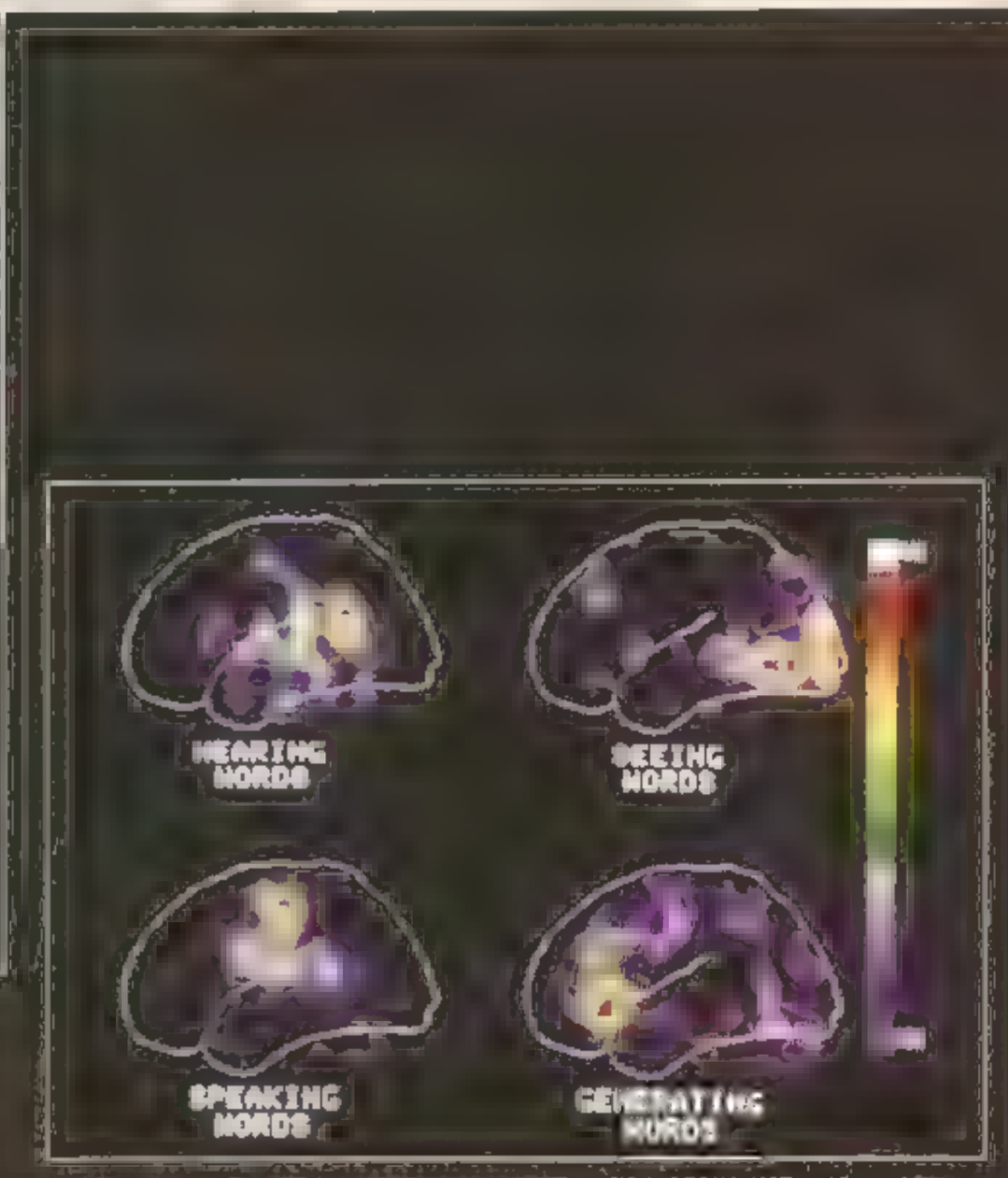
Die hochfliegenden konnektionistischen Theorien gehen auf bescheidene Anfänge zurück. So hatte der US-Psychologe Jay McClelland in den siebziger Jahren ein Modell ersonnen, mit dem er zu erklären suchte, weshalb wir Wörter mit teilweise verdeckten Buchstaben dennoch unmittelbar lesen können: Das Gelesene wird nicht sequentiell aus Lettern zusammengesetzt, die, einzeln gesehen, stets mehrdeutig sind, sondern das ganze Wort betrachtet. McClellands Modell schlägt in einem ersten Schritt pro Buchstabe mehrere Deutungsmöglichkeiten vor. Gleicht eine der Kombinationen einem im Netzwerk gespeicherten Wort, gilt dieses als gelesen.

Beim Lesen dürfte es – McClellands Gedanken weitergesponnen – noch weitere parallel und rückgekoppelt arbeitende Prozesse geben. Sie könnten unserem Gehirn zum Beispiel erlauben, undeutlich geschriebene Wörter aus dem Zusammenhang des Satzes oder eines noch allgemeineren Kontextes zu erkennen. Konnektionistische, von der Architektur der Hirnrinde inspirierte Theorien des Geistes erhellen nicht nur das Lesen. Auch in anderen Lebenslagen verstehen wir gewöhnlich das, was wir wahrnehmen, aus dem Zusammenhang der jeweiligen Szene und dem, was an Erinnerungen und Gedanken in unserem Gehirn präsent ist. Auf diesen inneren Zuständen bauen demnach Bewußtsein und Gedächtnis auf.

Direkte experimentelle Einblicke ins Gehirn untermauern zusehends die konnektionistischen Vorstellungen, daß im Denkorgan eine Fülle gleichzeitig aktiver neuronaler Module arbeitet, die jeweils elementare Aufgaben erledigen. So leuchten in PET-Bildern und Squid-Messungen*, die arbeitende Nervenzellverbände sichtbar machen, schon bei einfachen Denkleistungen viele verschiedene Hirnareale auf (rechts). Auch Untersu-

* PET = Positronen-Emissions-Tomographie; ein nuklearmedizinisches Verfahren, das Stoffwechselvorgänge in Hirngewebe enthüllt. Squid = Supraleitendes Quanten-Interferenz-Gerät, ein biomagnetisches Verfahren zur Messung minimaler elektromagnetischer Veränderungen im Nervensystem (siehe GEO-Wissen Nr. 4/1991 „Ärzte, Technik, Patienten")

Phantasie-Zeich
nicht lesbare (B) oder si
Buchstabenfolgen wie »
(C) erzeugen im me
chen Hirn andere Aktivitäts
als sinnvolle Wörter (
englische Wort »board« l
Schründe im Hinterhaup
recht aufleuchten. Di
ten« zeigen, in welchen Re
der linken Hirnhälfte der B
sich beim Sehen d
»Wörter« jeweils verände
Muster in beiden Bild
sind Mittelwerte aus P
nahmen von jeweil
Testpersonen, erarbeit
Team des US-Neur
Marcus R



Strahlende Signale aus dem Kopf verraten, wo dem Hirn ein Licht aufgeht

Sprache ist in vielen Hirnregionen angesiedelt, wie diese aus PET-Aufnahmen rekonstruierten Aktivitätskarten belegen. So sind beim sprachlichen »Input« (obere Reihe) unterschiedliche Regionen aktiv: beim Hören eines Wortes vor allem der Schläfenlappen, beim Sehen der Hinterhauptslappen. Sprechen aktiviert vor allem die motorische Hirnrinde (unten links), bewußtes Analysieren und Erzeugen von Wörtern Teile des vorderen Stirnlappens.

Die PET-Technik macht Hirnaktivitäten sichtbar. Kurzlebige radioaktive Substanzen, hier von einer Patientin mit der Luft eingeatmet, gelangen über den Stoffwechsel ins Gehirn. Wenn sie dort zerfallen, senden sie Signale aus, die vom Gerät empfangen und per Computer zu Bildern verarbeitet werden.

chungen an Patienten mit Hirnverletzungen belegen die moduläre Organisation unseres Gehirns (siehe Seite 28).

Gewisse Module scheinen eng definierte Teilaufgaben in bestimmten, deutlich begrenzten kleinen Gebieten des Gehirns zu erledigen. So hatten der Amerikaner David Hubel und der Schwede Torsten Wiesel in den sechziger Jahren eine später mit dem Nobelpreis gewürdigte Entdeckung gemacht. In bestimmten Modulen der Sehrinde sitzen Nervenzellen, welche jeweils nur dann aktiv werden, wenn das Versuchstier ein Muster mit einer bestimmten räumlichen Orientierung zu sehen bekommt. Zellen, die auf Balken einer jeweils bestimmten Orientierung antworten, seien, das glaubten Hubel und Wiesel in jahrelanger Tüftelei mit feinen Elektroden herausgefunden zu haben, zu langen, schmalen Streifen angeordnet – parallel zu Streifen mit Neuronen für andere Orientierungen.

Heute kann Tobias Bonhoeffer allein mit dem „Optical Recording" der Sehrinde eines einzigen Tieres mehr Information über jenes Cortex-Areal gewinnen, das Orientierungen analysiert, als alle bisherigen Messungen per Einzelelektrode erbracht haben. Bonhoeffers Darstellungen – genauer: die „Windrädchen" darin – enthüllen auf den ersten Blick, daß orientierungsspezifische Neuronen sich keineswegs in parallelen Streifen ordnen. Vielmehr liegen die Areale, in denen Nervenzellen einheitlich auf bestimmte Sehreize antworten, eher kreisförmig um Zentren, den auseinandergezogenen Stücken einer Torte ähnlich – ein Bild, das ganz gut zu den Vorstellungen mancher Hirntheoretiker paßt.

Die entscheidende Idee, wie überhaupt sinnvolle Strukturen im diffusen Netzwerk der Hirnrinde entstehen könnten, ist schon im Jahr 1949 formuliert worden. Damals spekulierte der kanadische Psychologe Donald Hebb, daß die genaue Lage der „Synapsen", der Verbindungen zwischen den Neuronen, nicht genetisch festgelegt sein kann. Vielmehr müßten diese sich in einem – den jeweils herrschenden Bedingungen angepaßten – Selbstorganisationsprozeß bilden. Als Grundlage dieses Prozesses postulierte Hebb in genialer Intuition eine simple Lernregel. Sind miteinander verbundene Nervenzellen gleichzeitig aktiv, dann verstärken sich die Synapsen zwischen ihnen. Und eine Gruppe von Neuronen vernetzt sich desto stärker zu einem „cell assembly" genannten Zellverband, je öfter sie zusammen erregt wird – etwa wenn wir mehrmals ein bestimmtes Gesicht sehen. Dessen „Gedächtnisspur" wären demnach bestimmte, synaptisch verstärkte neuronale Netzwerke im Gehirn.

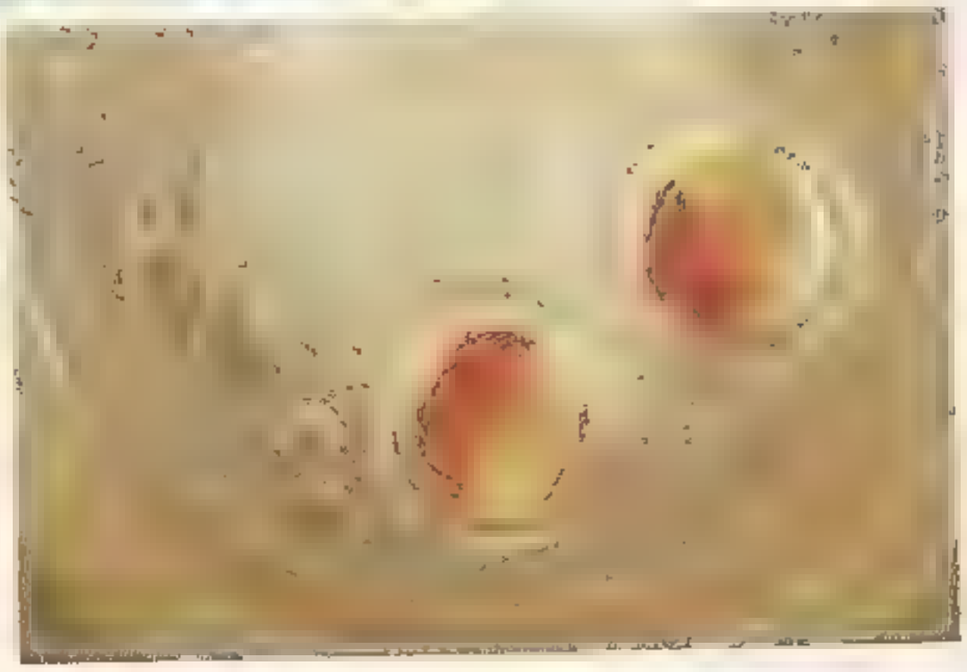
Hebbs Zellen-Ensembles besitzen Eigenschaften, mit denen sich zuvor mystische Fähigkeiten des menschlichen Gehirns elegant und zwanglos erklären lassen. So kann die Erregung nur weniger Neuronen explosionsartig den ganzen Verband aktivieren. Wenn etwa das Gesicht eines Bekannten nur teilweise, verzerrt oder verändert gesehen wird, können die empfangenen optischen Signale immer noch ihr „cell assembly" zünden, das dann das Antlitz erkennt. Und da jedes Ensemble auch mit neuronalen Netzwerken anderer Hirnregionen verknüpft ist, eröffnet sich zugleich eine Fülle von Assoziationen: Wir sehen nicht nur ein Gesicht, sondern erinnern uns vielleicht auch an den Namen der Person und an gemeinsame Erlebnisse.

Donald Hebbs Theorie des Gehirns war vor vier Jahrzehnten zu radikal. Gegen den Strich des Computerzeitalters beschrieb sie das Denkorgan völlig anders als ein programmierbaren Rechner: In unserem Kopf gibt es keine Trennung von Hard- und Software, von Speicher und Prozessor. Gedächtnisinhalte sind nicht in einzelnen Schaltelementen enthalten, sondern differenziert in der Verbindungsstärke vieler Neuronen, und sie werden nicht durch stupides Abrufen von Speichern „aufgerufen", sondern in Zusammenhängen erinnert.

Lange Zeit blieb der Kanadier ein Außenseiter. Nur wenige Wissenschaftler entwickelten seine Ideen im stillen weiter und begründeten somit den Konnektionismus, darunter der Finne Teuvo Kohonen und der Deutsche Gunther Palm. Ihre Erkenntnisse über die Eigenschaften eines einfachen „Speichermatrix" genannten mathematischen Modells von überlagerten „cell assemblies" ließen es in den siebziger Jahren plausibler werden, daß die Hirnrinde tatsächlich nach Hebbs Regeln als „assoziatives Gedächtnis" funktionieren könnte.

Während die Computer Metapher als Erklärung für die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns Allgemeingut wurde, begannen Hebbs Jünger, eben dieses Bild zu unterminieren. Mit Hilfe leistungsfähiger Rechner konnten sie nun auch größere neuronale Netzwerke simulieren. Dabei zeigte sich schnell, daß Hebb-artige Regeln in solchen Netzwerken tatsächlich selbstorganisiertes Lernen ermöglichen. Auch sind assoziative Speicher nach einer

Spurensuche im Dschungel der Synapsen



Der Feinarbeit des Nervengewebes spüren Neurobiologen mit Mikroelektroden nach. Als Testobjekte dienen ihnen unter anderem Gewebeschnitte des Rattenhirns, die in Nährlösungen am Leben gehalten werden. Die Forscher interessiert vor allem die Aktivität an den »Synapsen« – neuronalen Verbindungen, die bei Mensch wie Nager gleichartig funktionieren

struktionsphase in der Lage, auch unvollständige Bilder wiederzuerkennen. Und schon wenige Modellneuronen bringen oft ganz erstaunliche Leistungen hervor: Ein „NET Talk" genanntes Netzwerk der US-Konnektionisten Terrence Sejnowski und Charles Rosenberg besteht zum Beispiel aus nur 300 Neuronen, kann aber dennoch nach Durchlaufen einer „Lallphase" ganz passabel englische Wörter vorlesen.

Anders als programmierbaren Computern müssen künstlichen neuronalen Netzen nur „Spielregeln" vorgegeben werden – ein enormer Vorteil. Nicht einmal der menschliche „Lehrer" weiß am Ende, wie das arbeitende Netzwerk im einzelnen funktioniert. Wer sich dafür interessiert, muß – einem Hirnforscher ähnlich – Modellneuron für Modellneuron untersuchen. Und da finden sich erstaunliche Parallelen zu unserem Denkorgan.

So lehrte Sejnowski ein Netzwerk, aus der Schattierung von Oberflächen deren Krümmung einzuschätzen. Als er nachschaute, wie die Modellneuronen ihre Aufgabe im einzelnen meisterten, stieß er auf das gleiche Phänomen, das Hubel und Wiesel vor Jahrzehnten im visuellen Cortex entdeckt hatten: Neuronen mit einer bestimmten „Orientierungspräferenz".

Faszinierende Selbstorganisation demonstrieren vor allem Netzwerke mit mehreren Schichten interagierender Modellneuronen. Unter geeigneten Bedingungen bilden sich ganz spontan „Kategorien-Detektoren" in den inneren Schichten aus: Gruppen von Neuronen, die bestimmte, oft zusammen auftretende Eigenschaften der Außenwelt gewissermaßen in „Begriffen" zusammenfassen.

Hangelt sich das Hirn von Kindheit an eine »kognitive Leiter« hoch?

Künstliche neuronale Netze lernen allerdings oft nach biologisch unplausiblen Regeln – ein Stein des Anstoßes. So benutzt eines der in konnektionistischen Modellen am häufigsten verwendeten Lernverfahren eine „back propagation" genannte Vorschrift: Abweichungen von der geforderten Leistung werden von außen überwacht, wobei in das Netz zurückgefütterte Korrektursignale dazu fuhren, daß die Stärken der synaptischen Verbindungen zwischen den verschiedenen Neuronenschichten neu justiert werden.

Das Gehirn lernt wahrscheinlich nicht nach diesem Prinzip. Doch irgendwie muß es – ob beim Geigespielen oder beim Pflanzenbestimmen – nicht nur wissen, ob es sein Lernziel schon erreicht hat, sondern auch, was es tun muß, um sich zu verbessern. Der englische Psychologe John Skoyles glaubt, daß sich das Hirn von Kindheit an eine „kognitive Leiter" hochhangelt, indem Teilnetzwerke sich gegenseitig zunächst recht bescheidene, dann aber immer komplexere Fähigkeiten vermitteln.

Der Einstieg in diese Leiter ist wahrscheinlich schon in der Struktur des Gehirns angelegt, die ja gewissermaßen ein von der Evolution bereitgestelltes Vorwissen birgt. „Der eigentliche Trick", erklärt Werner von Seelen, „mit dem unser Gehirn seine Aufgaben bewältigt, scheint sehr oft geschickt genutztes Vorwissen zu sein. Es scheint zum Beispiel sehr sinnvoll zu sein, in das Gehirn von vornherein die Annahme einzubauen, daß sich entfernende Objekte nicht kleiner werden. Die Suche nach einem komplizierten Mechanismus, der dies berechnet, erübrigt sich dann."

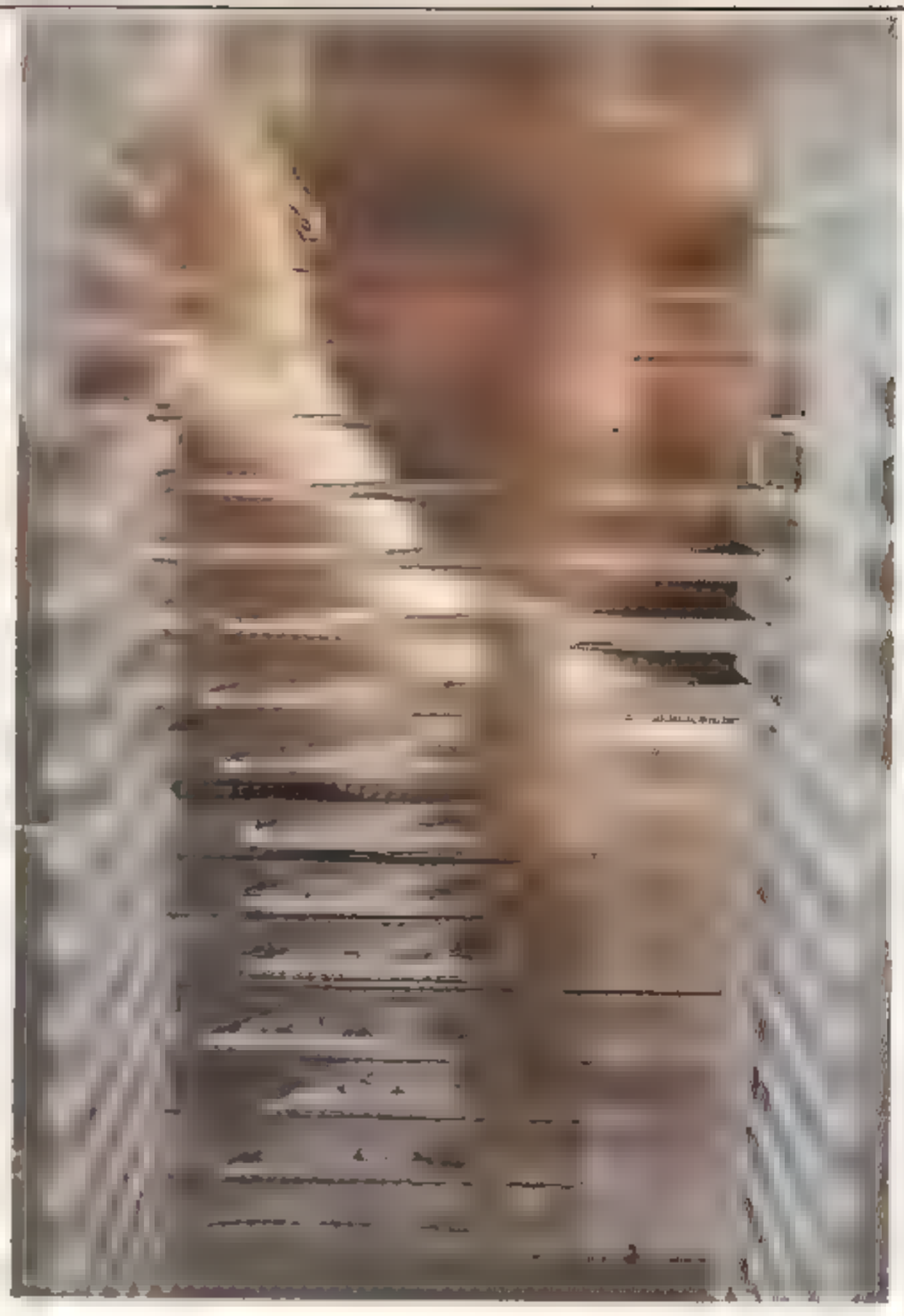
Bei diesem raffiniert kanalisierten Lernprozeß spielen Hebbs Regeln offenbar eine entscheidende Rolle, wie neurobiologische Erkenntnisse aus der Hirnrinde von Tier und Mensch nahelegen. So können die synaptischen Verbindungen zwischen Pyramidenzellen, wie Hebb es forderte, enorm veränderlich – „plastisch" – sein:

- In der frühen Kindheit strukturiert sich die zunächst diffus verschaltete Sehrinde in einem selbstorganisierten, adaptiven Lernprozeß, bei dem viele Synapsen vergehen, während andere Verbindungen durchlässiger und damit starker werden.
- Die Struktur bestimmter Hirnbereiche von Affen ist, wie der Amerikaner Michael Merzenich herausfand, auch im Erwachsenenalter noch flexibel. Wird etwa ein Finger sehr stark beansprucht, kann sich die für dessen Tastsignale zuständige Neuronengruppe auf das Sechsfache vergrößern.

Selbst auf der molekularen Ebene haben Neurochemiker kürzlich einen Beweis für Hebbs Lernregel gefunden: Ganz nach deren Voraussage kann ein „NMDA-Rezeptor" genannter Schalter auf der Nervenzell-Membran die Durchlässigkeit der Synapsen von Pyramidenzellen verstärken.

Die glänzenden Bestätigungen von Hebbs Theorie können allerdings nicht daruber hinwegtäuschen, daß diese offensichtlich nicht ausreicht, weitergehende Fragen zu beantworten: Weshalb ist es uns moglich, anscheinend mühelos und in Sekundenschnelle das Wesentliche in vorher noch nie gesehenen Szenen zu erfassen? Warum können wir uns etwas merken, das wir nur ein einziges Mal gesehen, gehört oder gedacht haben? Wie können wir auf qualitativ neue Gedanken kommen?

„Da sich die Hebbschen Zell Ensembles nur durch Gewohnheit bilden, mußten wir zum Beispiel ein Gesicht sehr oft sehen, bis dieses eine „Gedächtnisspur" hinter-



Wo bestimmte biochemische Veränderungen in der rechten Hirnhälfte einer Katze nach einem genau definierten Testprogramm stattfanden, soll ein immunhistochemischer Versuch klären. Dazu träufelt Julia Dellus vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung per Pipette eine Lösung, die Antikörper enthält, auf die eigens vorbereiteten Gewebeschnitte. Die Antikörper docken zielsicher an die gesuchten Strukturen an, die dann sichtbar gemacht werden können

Scheibchenweise der Lösung des neuronalen Rätsels näher

Im Treibsand experimenteller Details sollen konnektionistische Ideen feste Wege weisen

Das Fahnden nach materiellen Indizien für mentale Vorgänge ist für Siegrid Löwel vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung ein mühsames Geschäft. Die Neurobiologin registriert an einem Mikroskop mit eingespiegeltem Monitorbild, welche Nervenzellen in Gewebeschnitten aus der Sehrinde einer Katze miteinander verschaltet sind. Zu diesem Zweck hat sie die Neuronen mit winzigen fluoreszierenden Latex-Kügelchen sichtbar gemacht (oben). Das Muster der markierten Zellen auf dem Monitor soll Aufschluß geben über die neuronale Verknüpfung in der Sehrinde.

läßt. Eine Lösung dieses Problems schlug der deutsche Hirntheoretiker Christoph von der Malsburg schon 1981 vor. Neue Zell-Ensembles und damit kurzfristig stabile Strukturen im Cortex könnten sich, so postulierte Malsburg, auch innerhalb von Millisekunden durch blitzschnelles Erhöhen der synaptischen Stärke bilden: „Zusammengehörendes in der Außenwelt – wie Form und Farbe eines Gegenstandes – könnte im Gehirn zusammengebracht werden, indem Neuronen, die Zusammengehörendes repräsentieren, in schnellen, korrelierten Schwingungen synchron feuern" – das Gehirn als „Hochgeschwindigkeitsgenerator" von Wahrnehmungen, Gedanken und Erinnerungen.

Malsburg blieb lange Außenseiter unter Außenseitern (siehe Seite 130). Doch nun, da eine Fülle von experimentellen Belegen für seine „Korrelationstheorie" vorliegt, scheint diese die Hirnforschung entscheidend zu stimulieren. Überdies haben Versuche ergeben, daß die NMDA-Rezeptoren in den Synapsen der Pyramidenzellen deren Durchlässigkeit unter bestimmten Bedingungen auch kurzzeitig enorm verstärken – wie es Malsburgs Theorie fordert.

Ein theoretischer Durchbruch im Verständnis von Aufmerksamkeit und Bewußtsein?

Ob Zell-Ensembles sich nun schnell oder langsam, vorübergehend oder dauernd verknüpfen – sie sollten nichts Unsinniges repräsentieren. Auf jeden Fall scheint unser Denkorgan über höchst effektive Auswahlverfahren zu verfügen. Neuronen – von denen es allein in der Hirnrinde zig Milliarden gibt – können ihre Rolle in Sekundenschnelle ändern, wie der Bochumer Hirnforscher Ad Aertsen gemeinsam mit amerikanischen und israelischen Kollegen kürzlich herausfand. Die Forscher hatten die gleichzeitige Aktivität vieler Pyramidenzellen im Cortex mit raffinierten mathematischen Verfahren untersucht.

„Die effektive Kopplung von Nervenzellen und damit ihre Wirkung aufeinander", erklärt Aertsen, „ändert sich ständig. Eine einzelne Zelle scheint sich an der Aktivität verschiedener Assemblies beteiligen zu können. Es könnte sein, daß dabei Synapsen schnell an- und abgeschaltet werden, wie Malsburg es sich vorstellt. Da der Einfluß einer Zelle auf eine zweite in komplexer Weise von den zahlreichen anderen Einflüssen auf diese abhängig ist, könnte es aber auch sein, daß dies allein schon für die ständigen Schwankungen der Kopplungsstärken zwischen den Neuronen verantwortlich ist."

So bleibt die zentrale Frage, wie es unser Gehirn schafft, aus dem Chaos der von draußen hereinströmenden Informationsflut und dem inneren Tohuwabohu in jedem Augenblick ein einheitliches Bild zu strukturieren. Erste Erklärungsversuche werden gewagt: Ohne eine ständige globale und lokale, grobe und feine Regulierung würde vor allem in der Hirnrinde nichts funktionieren. Und dabei könnte „Aras" eine wichtige Rolle spielen. Die Nervenfasern dieses „*A*ufsteigenden *R*etikulären *A*ktivierungs-*S*ystems" ziehen sich aus dem entwicklungsgeschichtlich alten Stammhirn weit hinauf in die Großhirnrinde. Durch erregende Einflüsse kann Aras die dort lokalisierten Neuronen gleichsam anschalten. Auf diese Weise scheint Aras eine wichtige Rolle für den Unterschied zwischen Schlafen und Wachen sowie für die Aufmerksamkeit zu spielen. Optische Eindrücke etwa werden uns nur dann bewußt, wenn auch Aras die Sehrinde erregt.

Was dabei passiert, versucht der Bremer Neurobiologe Hans Flohr mit einer neu entwickelten Theorie zu beschreiben: Demnach erhöhe die Aras-Aktivierung der Hirnrinde die Wahrscheinlichkeit, daß die schnellen Malsburg-Assemblies gezündet werden. Je mehr von diesen Zell-Ensembles aktiv seien, desto höher sei die Zahl der verfügbaren „mentalen Repräsentationen". Und dies wiederum erhöhe die Wahrscheinlichkeit besonders komplexer geistiger Prozesse.

Für Flohrs Theorie, die – sollte sie zutreffen – ein Durchbruch im Verständnis von Aufmerksamkeit und Bewußtsein wäre, spricht bereits ein Hinweis: Substanzen, welche die schnelle Verstärkung der mit NMDA-Rezeptoren besetzen Synapsen verhindern und damit zugleich die Malsburg-Assemblies lahmlegen, wirken, wie es Flohrs Theorie voraussagt, als Narkotika.

Auch wenn die Theorien von Hans Flohr und Christoph von der Malsburg den richtigen Weg weisen sollten: Vor Überraschungen ist auf diesem Forschungsfeld niemand sicher. Mit wachsender Faszination erkennen die Hirnforscher, auf welche trickreiche Weise viele Eigenschaften des Denkorgans entstanden sind: durch die Variation einiger „Basistricks". Und eben die hoffen die Konnektionisten schon bald zu verstehen.

Den Kosmos im Kopf werden allerdings auch sie wohl niemals in seiner ganzen Vielfalt erfassen können. Einen Grund dafür hat der Amerikaner Emerson Pugh so formuliert: „Wenn das menschliche Gehirn so simpel wäre, daß wir es verstehen könnten, wären wir so simpel, daß wir es nicht könnten." □

Den Blick in die Welt der Neuronen haben der Düsseldorfer Fotograf **Wolfgang Volz**, 44, sowie der nahe Göttingen lebende freie Journalist und Neurobiologe **Franz Mechsner**, 38, schon bei ihrer ersten gemeinsamen Arbeit für GEO-Wissen Nr. 1/1987 „Gehirn-Gefühl-Gedanken" gewagt.

Wie ein Stern im Kosmos des Geistes leuchtet die Pyramidenzelle einer Katze unter dem Fluoreszenz-Mikroskop. Das Neuron, ein entscheidender Baustein des Gehirns, hat sich mit einer Leuchtsubstanz vollgesogen. Auf diese Weise lassen sich der dreieckige Zellkörper sowie die baumartig verzweigten Zellfortsätze sichtbar machen.

VON GÜNTER HAAF

Darf eine wissenschaftliche Revolution so beginnen? Ein ziemlich unbekannter deutscher Physiker adliger Herkunft schreibt eine theoretische Arbeit über eine zentrale, bis dato gänzlich unverstandene Eigenschaft des Gehirns. Der auf Englisch abgefaßte Bericht erscheint in keiner Fachzeitschrift. Nur Fotokopien des „Internen Reports" zirkulieren in mäßig interessierten Expertenkreisen. Sein zusehends frustrierter Autor, inzwischen Mitte Vierzig und noch immer ohne Professur, geht Jahre später nach Kalifornien. Dort wird er gleichsam über Nacht zum Star. Eher zufällig bestätigen Experimente in seiner alten Heimat, daß an der Theorie doch etwas dran sein könnte. Nun eröffnet sich auch hierzulande plötzlich ein attraktiver Lehrstuhl – allerdings an einer der neuen Massen-Unis am Rande einer Stadt, die eher als Ort fürs Grobe denn fürs Geistige gilt.

Über Christoph von der Malsburgs Antlitz huscht ein Schmunzeln, während er von der Entstehungsgeschichte seines ziemlich komplizierten Gedankengebäudes erzählt: von selbstorganisierenden Systemen im allgemeinen und der zeitlichen „Bindung" neuronaler Aktivitäten im besonderen, von lernfähigen Robotern und von der materiellen Basis des menschlichen Geistes.

Die Anzeichen milden Amusements okkupieren vor allem dann seine Mundwinkel, wenn er von den Bocksprüngen spricht, die das System Wissenschaft dabei mit ihm vollführt hat. So wie 1981, als fast niemand seine „Korrelationstheorie der Hirnfunktion" zur Kenntnis nahm. Oder 1988, als er nach zwei eher ereignisarmen Jahrzehnten vom Göttinger Max-Planck Institut für biophysikalische Chemie nach Los Angeles und dann schon zwei Jahre später zurück nach Deutschland katapultiert wurde.

Draußen lenkt der freie Blick auf frisches Grün davon ab, daß Bochum im Herzen des Ruhrpotts liegt. Drinnen, im Chefzimmer des „Instituts für Neuroinformatik", machen sachlich-elegante Möbel und ein sonniges Luftbild Poster der University of Southern California die Beton-Tristesse der Ruhr-Universität vergessen. In deren allerletztem Winkel sucht das Team um Christoph von der Malsburg seit Oktober 1990 das „Prinzip der Selbstorganisation von Neuronennetzen" zu enträtseln.

„Manchmal", beschreibt der 50jährige Wissenschaftler seine Seelenlage, „schwanke ich zwischen Hybris und Verzweiflung." Er sagt das so nonchalant dahin, als bekenne er, der für einen Naturwissenschaftler stets ungewöhnlich elegant Bekleidete, daß sogar ihm mitunter die Wahl zwischen Blazer und T-Shirt schwerfalle. Dabei mag sich schon das Gefühl der Hybris einstellen, wenn plötzlich die eigene Arbeit im Zentrum des Sturms auf die „Zitadelle" steht, wie Charles Darwin das Menschenhirn einmal bezeichnet hat. Wenn die führenden Forschungslabors der Welt fast im Wochentakt neue experimentelle Hinweise für die Malsburgsche Idee finden, daß es in der Tat die zeitliche Verknüpfung – die Korrelation – neuronaler Vorgänge zu sein scheint, die dem Erkennen, Lernen und Handeln zugrunde liegt.

Aber da ist auch die Verzweiflung über die gigantische Kluft zwischen der Korrelationstheorie, die ja immerhin die biologischen und geistigen Vorgänge im Gehirn sinnvoll erklären will, und dem mühsamen Klein-Klein der Experimente – auch im eigenen Labor: wie zäh sich etwa die Versuche hinziehen, das Erkennen von Gesichtern mit Hilfe neuronaler Netzwerke auf Basis einer „dynamischen Link-Architektur" per Computer zu simulieren – ein Problem, an dem Malsburgs Mitarbeiter tüfteln. Oder wie schwierig sich die Arbeiten an „Marvin" erweisen, dem „Mobilen aktiven Robotersystem für visuelle Informationsverarbeitung in neuronaler Architektur" – einem fahrbaren Roboter, dem eine Arbeitsgruppe des zweiten Neuroinformatik-Institutsdirektors Werner von Seelen beizubringen versucht, sich mit Hilfe zweier Kamera-„Augen" in einer natürlichen Umgebung zurechtzufinden (siehe Foto Seite 133).

Ein radikal neues Konzept: keine Zentrale, kein starres Programm

Und da ist vor allem die Verzweiflung darüber, wie hartnäckig sich die alten, offensichtlich unzulänglichen Denk-Modelle in den Köpfen vieler Kollegen festgesetzt haben: dieses Beharren darauf, daß sich die Gespinste des Geistes an jeweils speziell zuständigen Nervenzellverbänden oder gar einzelnen Neuronen im Gehirn räumlich-materiell festmachen ließen. Dieser durch keinerlei experimentelle Hinweise gestützte Glaube, daß deren Aktivitäten von einem mysteriosen Zentrum irgendwie ins Bewußtsein gehoben wurden.

Christoph von der Malsburgs Konzept davon, wie der Kosmos im Kopf funktioniert, ist radikal anders, befremdlicher und zugleich auf elegant-raffinierte Weise einfacher: keine Zentrale, kein starres Programm, nur – nur! – die zeitlich koordinierten

IN DEN BINDUNGEN DES GEISTES

HIRNTHEORIE

Mit seiner »Korrelationstheorie« erklärt Christoph von der Malsburg auf elegant-raffinierte Weise, wie die vielfältigen Aktivitäten unseres Gehirns durch zeitliche Bindung zu einheitlichen, sofort wahrnehmbaren geistigen Eindrücken verschmelzen

Fluktuationen der Aktivitäten von Nervenzell-Ensembles, die sich augenblicklich und je nach Bedarf selbst zu Zweckverbänden organisieren. Mit einem Schlag befreit dieses Konzept die Neurowissenschaften vom Ballast herkömmlicher Vorstellungen, die sich die komplizierten Vorgänge im Gehirn nur als Folge gleichsam ingenieurmäßig geplanter, fest verschraubter Strukturen erklären können.

„Die mentalen Symbole, aus denen unsere Gedanken bestehen", postuliert der Theoretiker, „sind riesige Systeme wechselseitig aktiver Einheiten, die für sich genommen jeweils nur vage Bedeutung haben und nur in ihrem strukturierten Ensemble Präzision schaffen." Will sagen: Die Akti-

Auch Christoph von der Malsburg hält seinen Kopf für Versuche zur »Gesichtserkennung« hin: Mit solchen Tests – hier kommt es auf die »Kanten-Detektion« an – will sein Team vom Institut für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum die Bildverarbeitung in der Netzhaut des Auges elektronisch nachahmen

vitätsmuster der neuronalen Verbände ähneln Buchstaben und Wörtern, die sich selbst zu sinnvollen Sätzen verknüpfen. „Wir müssen die Einheit des Geistes als ein ofganisches Gleichgewicht innerhalb einer großen Vielfalt an Elementen sehen."

Mit Malsburgs Korrelationstheorie bricht ein neues Weltbild in die Hirnforschung ein, die ja universale Prinzipien mit höchst individuellen Phänomenen zu verknüpfen sucht: Physik und Psyche, Leib und Seele. Überall dort, wo das Ganze – Zellen, Organe, Körper, Ökosysteme – mehr ist als die Summe seiner Teile, greift der klassische Reduktionismus zu kurz. An seine Stelle tritt zusehends eine neue Denkrichtung, die als „Synergetik" oder „Chaos-Forschung" Zugang zum Verständnis des Komplexen verspricht (siehe GEO-Wissen Nr. 2/1990 „Chaos + Kreativität"). Und nirgendwo erscheint die Welt komplexer als im menschlichen Gehirn.

Von Göttingen über Los Angeles nach Bochum: Christoph von der Malsburg vor der Silhouette der Ruhr-Universität, überlagert von Computerbildern einer Nervenzelle

Vor diesem Hintergrund wirkt der zum Hirnforscher konvertierte Physiker Malsburg nicht mehr ganz so exotisch. „Mit 13 wollte ich Physik studieren", erzählt er, „und ungefähr mit 17 wurde mein Interesse für Hirnforschung durch einen Artikel in ‚Reader's Digest' geweckt, in dem" – hier tauchen die Grübchen an den Mundwinkeln wieder auf – „so in etwa erklärt wurde, Nervenzellen wären durch Synapsen verbunden und dies ermögliche das Denken."

In der Tat kursierte damals schon jene Hirntheorie, deren Kernaussage bis heute Gultigkeit hat. 1949 hatte der kanadische Psychologe Donald Hebb postuliert, daß die synaptischen Verbindungen zwischen Nervenzellen nicht nur passive Kontakte sind, sondern um so stabiler werden, je starker der sie gemeinsam stimulierende Reiz ist: Dies sei die materielle Grundlage des Lernens (siehe auch Seite 120).

Eine Zelle für die Großmutter, eine für den Enkel?

Von den Details und Schwächen des Hebbschen Modells erfuhr Malsburg erst viel später. Zunächst studierte er Physik, spezialisierte sich auf Kernreaktionen und ging dann bis 1970 ans Forschungszentrum Cern nach Genf. Danach suchte er „eine Stelle für mein Hobby", die Hirnforschung – und hatte das Glück, am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie unterschlüpfen zu können.

Das Göttinger Institut galt schon damals als Brutstätte unkonventioneller, interdisziplinärer Bio-Forschung. Ein anderer Physiker, Heinz Wässle, heute Direktor am Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung, führte Malsburg in die Geheimnisse der Neurobiologie ein. Der Novize kümmerte sich allerdings weniger um Nervenzell-Details als um die zentrale Frage, wie das Denkorgan organisiert ist – genauer: wie es sich selbst organisiert.

Fast hätte Malsburg bereut, daß er seiner „Nase nachgelaufen" und aufs Ganze gegangen war. Bis Ende der siebziger Jahre hatte er nicht einmal ein Dutzend Forschungsberichte veröffentlicht, viel zuwenig für eine Karriere in der aufblühenden Neuro-Szene. Dabei war er schon 1973 auf sein Thema gestoßen, als er eine langjährige Zusammenarbeit mit dem Edinburgher Neurobiologen David Willshaw begann: die zeitliche Codierung neuronaler Aktivitäten.

Klarer als andere erkannte der Physiker die Mängel der damals herrschenden „Lokalisationstheorie". Ihr zufolge sollte die Anordnung der materiellen Bausteine des zentralen Nervensystems dessen Funktion erklaren. Frei nach dem Motto „eine Zelle – ein Thema". Zellen wären demnach die „Atome der Bedeutung".

Die Vorstellung, für alles und jedes habe es ein spezialisiertes Neuron zu geben – eine Zelle für die Großmutter, eine fur den Enkel – erschien Malsburg viel zu unhandlich und zudem völlig ungeeignet, solche übergeordnete geistige Funktionen wie Bewußtsein zu erklären. Auch sah er nicht, wie die von Donald Hebb beschriebene, relativ langsame Veränderung der synaptischen Verbindungen zwischen Nervenzellen etwa das Kurzzeitgedächtnis ermöglichen könnte. Und er war sich sicher, daß mit den herkömmlichen Hirnmodellen solche kniffligen, aus der Gestalt-Psychologie bekannten Probleme wie die Unterscheidung von Objekt und Hintergrund prinzipiell unlösbar seien.

Als Malsburg seine Kritik samt eigenen Vorstellungen 1981 zur Korrelationstheorie zusammengefaßt hatte, geschah – nichts: Die Zeit war noch nicht reif für die Theorie der zeitlich synchronisierten Bindung von Nervenzell-Verbänden durch blitzschnelles Erhöhen der Stärke synaptischer Verbindungen.

Erst sechs Jahre später begann seine geistige Saat in den Köpfen einiger Neurobiologen zu keimen. Am Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung bemerkten Wolf Singer, einer der dortigen Direktoren, und sein amerikanischer Forschungsgast Charles Gray ungewöhnliche elektrische Oszillationen in einem der fürs Sehen zuständigen Hirnrindenbereiche narkotisierter Katzen. Etwa zur selben Zeit registrierte auch das Team um Reinhard Eckhorn von der Marburger Universität ähnliche Phänomene. Könnte eine Synchronisation solcher Oszillationen, spekulierten die Experimentatoren, der von Malsburg vorhergesagten zeitlichen Kopplung entsprechen?

Nun ging es Schlag auf Schlag. Schon im August 1990 fragte die renommierte US-Wissenschaftszeitschrift „Science" in einem für sie geradezu reißerischen Ton: „Hat Wolf Singer die zelluläre Basis des Bewußtseins enthüllt?" Es folgte ein langer Artikel uber die „kürzlich entdeckten Oszillationen des elektrischen Potentials bei 40 Hertz", die als Schlüssel zur Erklärung angesehen wurden, „wie das Gehirn Sinneseindrücke zu einem einzigen Objekt verschmilzt".

Im Zentrum der Debatten steht ein hochgewachsener Herr

Christoph von der Malsburg lebt seitdem auf der Sonnenseite der Hirnforschung.

Anfang Oktober 1991 trifft sich in der ehemaligen japanischen Botschaft zu Berlin eine auserlesene Gruppe internationaler Hirnforscher, Psychologen und Experten fur

„Künstliche Intelligenz". Es geht, wie immer bei den angesehenen „Dahlem Konferenzen", um künftige Forschungsstrategien, diesmal um die „Erkundung von Hirnfunktionen". Im Zentrum der Debatten steht ein hochgewachsener Herr im gutsitzenden grunen Blazer – mal nuchtern berichtend, mal jovial scherzend, mal mit scharfem Unterton Schwächen und Stärken seiner Theorie diskutierend: Malsburg.

Es sind auffällig viele deutsche, in der Bundesrepublik oder den USA forschende Neurobiologen, deren Experimente die Malsburgschen Ideen untermauern, aber auch erweitern:

● Da verweist Wolf Singer mit seinen jungen Kollegen Andreas Engel und Peter König ein ums andere Mal auf neue Erkenntnisse, wonach die beobachteten Oszillationen offensichtlich als eine Art „Trägersignal" für die zeitliche Bindung von Nervenzell-Aktivitäten fungieren. So könnten jene Neuronenverbände synchronisiert werden, die etwa bei der Verarbeitung eines bestimmten Sinneseindrucks beteiligt sind, obwohl sie räumlich teilweise sehr weit voneinander entfernt liegen – nachweislich auch in unterschiedlichen Hirnhälften.

● Da argumentiert Olaf Sporns, Mitarbeiter des amerikanischen Nobelpreisträgers Gerald Edelman an der New Yorker Rockefeller University, daß auch Computersimulationen für eine zeitliche Bindung der Aktivität von Nervenzellverbänden mit Hilfe synchronisierter Oszillationen sprächen.

● Da plädiert der früher in Tübingen forschende, heute am California Institute of Technology in Pasadena lehrende Christof Koch sogar dafür, das Konzept der zeitlichen Korrelation als Erklärungsmodell für die Entstehung menschlichen Bewußtseins zu verwenden.

Den Verdacht, daß die zeitliche Synchronisation von Nervenzellverbänden im menschlichen Gehirn eine entscheidende Rolle spielen könnte, äußern auch der Neurologe Antonio Damasio und seine Frau Hanna von der University of Iowa, die an ihrer Klinik besonders viele Patienten mit Hirnleistungsausfällen untersucht haben (siehe Seite 28).

Aus solchen Erfolgen konnte Überheblichkeit wuchern. Aber Christoph von der Malsburg scheint der Durchbruch seiner Idee, wie das Gehirn funktioniert, nicht zu Kopf gestiegen zu sein. Sinn und Wesen des Menschen, hatte er 1987 erklärt, seien „dem individualmenschlichen Verstand nicht zugänglich. Dieses ist keine Einengung des Individuums (das so viel denken und begreifen soll wie es nur irgend kann!), sondern eine Befreiung: von den engen Staatsschematismen der Ideologen, die glauben, uns anderen allen global vordenken zu können. In Wahrheit steht der Sinn des Menschen hoch über unserem Begreifen".

An dieser Überzeugung hat der späte Triumph der Korrelationstheorie keinen Deut geändert. „Mein Fachgebiet", sagt Christoph von der Malsburg, „ist immer wieder damit beschäftigt, zu entdecken, wieviel schwieriger die Sache ist." Und setzt dabei ein besonders amüsiertes Lächeln auf. □

Nach großem theoretischen Wurf experimentelles Klein-Klein

Wenn die Videoaugen von »Marvin« ein Hindernis, etwa eine Tasse, erfassen, stoppt der autonome Roboter ab oder weicht aus. Sein »Hirn« ist eine lernfähige, neuronale Prinzipien simulierende Software. Für Computer eine harte Nuß ist die Gesichtserkennung: Welche Details sind unbedingt nötig, um etwa ein lachendes oder ein ernstes Gesicht sicher derselben Person zuzuordnen?

Obwohl Wissenschaftler seit Jahrzehnten Wege zu einer »Künstlichen Intelligenz« (KI) suchen, fehlt Rechnern nach wie vor jeglicher gesunde Menschenverstand. Dennoch beharren Protagonisten auf ihren kühnen Visionen. Nick S. Martins und Jonathan Becker (Fotos) besuchten KI-Gläubige und deren Kritiker

Denn sie wissen nicht, was sie tun

Aus bloßem Verstande kömmt keine Philosophie
Friedrich Hölderlin, „Hyperion"

Der Mann am Klavier ist in sein Moll-Thema versunken. Während die Finger suchend über die Tasten gleiten, erschauert das Gesicht sekundenlang in tiefem Schmerz, zerfälteln die wehmütig emporstrebenden Augenbrauen die Denkerstirn. Dann finden die Züge – zusammen mit dem Thema der Fuge – von chromatischer Dramatik zu gelöster Harmonie zurück.

Nach dem Schlußakkord durchfährt es den Spieler, als erwachte er aus verbotenem Tagtraum. Fast schamhaft versteckt er sich hinter jenem grimassenhaften Hohnlächeln, das gleichsam sein Markenzeichen ist. Denn Marvin Minsky, Professor für „Künstliche Intelligenz" (KI) am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge bei Boston, ist gemeinhin für spöttische Arroganz bekannt. Gefühle sind nicht gefragt an der amerikanischen Elite-Universität, wo technische Rationalität weltweit bewunderte Triumphe feiert.

Im vierten Stock des „MIT Media Lab", Abteilung „Music and Cognition", starrt am Schreibtisch neben dem Klavier ein beleibter Student Sandwich kauend und von Minskys Kunst eher gestört als beeindruckt, auf den Monitor seines Computers. „War das Stück von Bach?" frage ich Minsky. „Nein, es ist von mir, eine dreistimmige Fuge, eben improvisiert. Es war das erste und letzte Mal, daß ich sie gespielt habe. Sehen Sie hier" – er zeigt auf das in das Klavier eingebaute Diskettenlaufwerk – „ich hätte die Fuge aufzeichnen können. Aber ich wollte nicht. Denn ich empfinde es als erniedrigend, ein Musikstück zweimal hören zu müssen, nur weil wir Menschen so vergeßlich sind."

Wir Menschen, doziert der scheinbar so sensible Meister, haben auch sonst noch allerlei „bugs" – wie Computer-Freaks die Fehler eines Programms nennen. Wir seien „langsam, unaufmerksam, konzentrationsschwach, abergläubisch, depressiv oder euphorisch, geben ungern Fehler zu und haben riesige Mengen nutzloser Information gespeichert". Bei alledem verwundere, daß „wir überhaupt denken können".

Die „bugs" – auf deutsch: Wanzen – in unseren Köpfen möchten „Hardliner" der KI-Forschung wie Minsky gern ausmerzen. Der 65jährige stellt sich beispielsweise einen in das Gehirn verpflanzten Neuro-Chip vor, der Menschen zu den „Gedächtnisleistungen eines Computers befähigt. „Wenn Sie dann Probleme haben, brauchen Sie keine Psychotherapie mehr. Sie rufen einfach nur mit einem Computer Ihr Programm

Die Komposition aus menschlichem Kopf und Computerchips symbolisiert den Traum vom denkenden Rechner. Die Hoffnung vieler KI-Forscher, Bewußtsein und Intelligenz würden sich bei entsprechender Leistungssteigerung der Maschinen irgendwann von allein einstellen, hat sich bislang nicht erfüllt

COMPUTER

auf und schreiben am Bildschirm die Teile um, die Ihnen nicht gefallen."

Minskys 43jähriger Fachkollege Hans Moravec will den menschlichen Geist gleich ganz von der sterblichen Hülle „befreien" und in Roboter „hineinladen". Sie sollen als unsere „Mind Children" – so der Titel eines seiner Bücher – das Erbe des Menschen antreten und die Evolution in Maschinengestalt fortsetzen. „Die Menschheit", so Moravec, „wird in etwa 50 Jahren überflüssig und dann möglicherweise in einem Krieg mit den superintelligenten Robotern vernichtet." Sein Buch beginnt mit dem zynischen Satz: „In Jahrmilliarden unermüdlichen Wettrüstens ist es unseren Genen endlich gelungen, sich selbst auszubooten."

Einer solchen „Endlösung der Menschenfrage" – wie der KI-Kritiker und emeritierte MIT-Professor Joseph Weizenbaum die Wahnvorstellungen Moravecs provozierend nennt – sind auch viele von dessen Zunftgenossen nicht abgeneigt. Minsky: „Moravec hat die Idee nur konsequent zu Ende gedacht."

Mittwoch abends huldigen die KI-Fans ihrem Guru

Tatsächlich sind solche Vorstellungen in der KI-Szene seit langem virulent. Schon als Moravec noch ein Kind war, hat Minsky gesagt: „Wir Menschen können froh sein, wenn die Roboter uns in 50 Jahren als ihre Haustiere akzeptieren."

Derart befremdliche Phantasien stammen von zwei der renommiertesten KI-Forscher: Minsky gilt als „Papst" der Zunft. 1959 hatte er gemeinsam mit seinem Kollegen John McCarthy das heute zur Weltspitze zählende KI-Labor am MIT gegründet und dort Pionierarbeit geleistet. 1990 erhielt er in Tokyo als Anerkennung für seine Verdienste den mit 350 000 Dollar dotierten „Japan-Preis". Und Hans Moravec ist Direktor des Mobile Robot Laboratory an der Carnegie Mellon University in Pittsburgh – neben dem MIT und der Stanford University die dritte KI-Hochburg in den Vereinigten Staaten.

Mittwoch abend, 19 Uhr. Im „Bartos Theater" im Keller des Media Lab eröffnet Marvin Minsky wie üblich sein wochentliches Seminar: „Hat irgend jemand ein Thema?" Mit feuchten Augen hinter großer, dunkler Hornbrille mustert er die überwiegend studentische Fan-Gemeinde – halb freundlich, halb prüfend. Sein runder Glatzkopf leuchtet im Scheinwerferlicht, lässig hängt das Hemd über der Hose. Minsky wirkt offen und souverän. Nur der Mund ist geschürzt zu einem maskenhaften, halbgefrorenen Grinsen, von dem niemand wissen kann, wie wohlwollend es gemeint ist. Und die nervös am Kugelschreiber drehenden Finger signalisieren innere Spannung und Unruhe. Eine volle Minute wartet Marvin Minsky auf Antwort. Aber die Studenten im Hörsaal tuscheln nur untereinander.

Schließlich stellt der Herr Professor sich das Thema selbst: Dame und Schach spielende Computer. Eine Stunde lang doziert er über Programm-Varianten und bemalt Overhead-Folien, bis er selber nichts mehr darauf erkennt. Er hantiert fahrig mit den Armen und schaltet dabei zweimal versehentlich den Projektor ab. Viele Zuhörer haben aufgehört, sich Notizen zu machen, zwei sind eingeschlafen.

„Dieses Dame Programm hat Arthur Samuel 1957 vorgestellt. Es hat Landesmeister geschlagen. Natürlich hat es auch Samuel geschlagen. Das zeigt, daß man ein Programm schreiben kann, das schlauer ist als man selbst." Anerkennende Lacher aus dem Publikum. Minsky nippt an seinem Mineralwasser. „Es ist einfach dumm, zu glauben, so etwas sei unmöglich. Es ist, als würde man fragen: ‚Wieso kann man einen Stein höher werfen, als man springen kann?'" Gejohle belohnt ihn für das Bonmot, die beiden Schläfer wachen auf. Minsky kommt in Form, nippt wieder vom Wasser.

„Herbert Simon hat 1957 behauptet, in zehn Jahren werde ein Computer Schach-Weltmeister. Er wurde ausgelacht, als sich die Prophezeihung nicht erfüllte. Heute haben die Computer Großmeister-Niveau, sie haben das Ziel fast erreicht. Und da behaupten die Leute immer, KI-Forscher würden übertreiben. Tatsache ist, daß sich Simon nur ungefähr um den Faktor vier geirrt hat!" Beifällige, anspornende Zwischenrufe der Fans.

Selbst für Weltklasse-Spieler wie den Armenier Garri Kasparow sind moderne Schachcomputer eine harte Nuß. Mit diesen Spielprogrammen hat die KI-Forschung ihre populärsten Erfolge errungen. Sie basieren indes auf brutaler Rechenkraft: So kann »Deep Thought« (»Tiefer Gedanke«) etwa eine Dreiviertelmillion Stellungen pro Sekunde analysieren. Von Geist ist dabei keine Spur

Wo ein Seminar zur Comedy Show gerät

Die Stimmung steigt. Minsky nippt am Wasser. Dann wettert er: „Schuld haben die Philosophen mit ihrem Gerede von Bewußtsein. Für mich sind die alle verrückt. Philosophen sind schlechte Denker, sie haben keine guten Ideen davon, wie das Gehirn funktioniert. Mit KI aber wird unser Geist unsterblich!"

Das Seminar gerät mehr und mehr zur Comedy

Der Computer-Pionier Marvin Minsky will menschliche Defekte mit einem ins Gehirn gepflanzten Neurochip beheben

„Hätte man früher angefangen, dann gäbe es KI seit 1500 Jahren, und jeder von uns wäre heute in der Lage, eine Sicherheitskopie von sich zu machen"

Show. Minsky – bemüht, Zwischenfragen möglichst schnell und brillant zu parieren peitscht das Publikum von Gag zu Gag. Seine Sekretärin Betty sitzt mit heißen Wangen, knallroten Lippen und grasgrüner Brille in der ersten Reihe. Sprungbereit wartet sie, die Kassette im stets mitlaufenden Rekorder zu wechseln.

Noch mal trinkt Minsky sich Mut an. „Was ist der Unterschied zwischen einem Natur- und einem Geisteswissenschaftler?" fragt er mit funkelndem Blick. „Nun, der Naturwissenschaftler hat keine Angst vor der Idee, ewig zu leben. Der Humanist aber denkt, das wäre furchtbar. Wir können heute nur deshalb nicht ewig leben, weil der Aberglaube von der Seele die Leute 2000 Jahre davon abgehalten hat, die Naturwissenschaft voranzutreiben. Hätte man früher angefangen, dann gäbe es KI seit 1500 Jahren, und jeder von uns wäre heute in der Lage, eine Sicherheitskopie von sich zu machen! Wer Religion und Aberglauben akzeptiert, betrügt sich um die Chance ewigen Lebens!"

Beim Turmbau begann der Roboter mit der Spitze

Als das Freudengeheul abklingt, wage ich zu fragen: „Wurden Sie einem ewig lebenden Roboter die Chance geben, sich selber abzuschalten, wenn er die Ewigkeit satt hat?" „Ja", antwortet Minsky triumphierend, „das würde ich tun. Aber dann würde sicherlich derjenige, der daneben steht und dies zuläßt, von irgendeinem Anwalt verklagt." Die Fans geraten völlig außer Rand und Band, trommeln mit den Füßen, sinken nach Atem ringend unter die Bänke. Aber Minsky läßt ihnen keine Chance, ihr Zwerchfell zu beruhigen. „Wer glaubt, daß eine Seele existiert, ist einfach dumm", giftet er. „Aberglaube hat den Vorteil, daß er keine Beweise braucht. Niemand kann beweisen, daß der Regengott nicht existiert – und daß kein Elefant hinter dieser Tür da steht! Alle Religionen sind für mich ansteckende Geisteskrankheiten!"

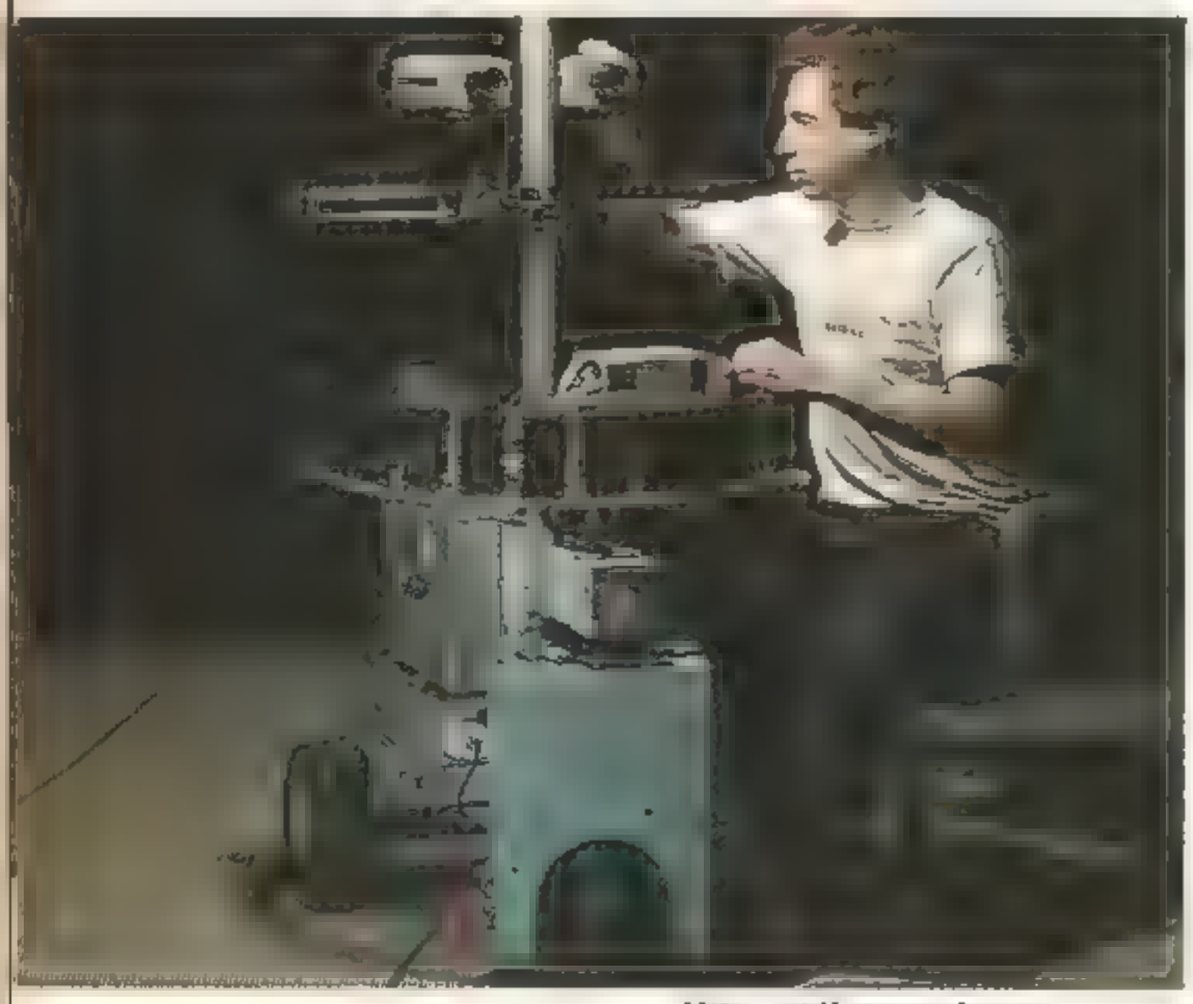
Minskys Schmähungen zeigen seine tiefsitzende Frustration: Nach den Anfangserfolgen der KI in den fünfziger und sechziger Jahren, als Computer begannen, Schach und Dame zu spielen, den Gehalt einfacher, geschriebener Texte zu „verstehen" und medizinische Diagnosen ähnlich denen eines menschlichen Experten zu erstellen, ist der große Durchbruch bis heute ausgeblieben – allen vollmundigen Vorhersagen zum Trotz.

Der eigenen Hybris gewahr wurde Minsky bereits Ende der sechziger Jahre, als er noch Direktor des KI-Labors am MIT war. Eine seiner Arbeitsgruppen versuchte einem Roboter beizubringen, aus Bauklötzen einen Turm zu errichten. Die Anweisungen wurden in gewöhnlichem Englisch per Tastatur erteilt. Das Projekt erwies sich wider Erwarten keineswegs als Kinderspiel: Die Kamera-Augen des Roboters konnten hinter- oder übereinanderliegende Bauklotze nur schwer „erkennen". Die Arme legten die Klötze zu ungenau ab. Und mangels „gesunden Menschenverstands" versuchte der Roboter, beim Turmbau mit der Spitze zu beginnen. „Dutzende von Studenten", erinnert sich Minsky, „schrieben Hunderte von Programmen, die immer umfangreicher wurden, bis schließlich keiner mehr überhaupt etwas verstand." Nach dieser babylonischen Offenbarung gab er die Leitung des Labors an seinen Nachfolger Patrick Winston ab.

Nach dem Seminar auf die enttäuschenden Fortschritte in der KI angesprochen, verweist Minsky wieder auf die Erfolge der Schachcomputer. „Aber das ist doch nur brutale Rechenkraft", widerspreche ich. „Die Computer rechnen geistlos wie Taschenrechner alle möglichen Züge durch." „Gut", kontert der KI-Oberguru, „sie wissen nicht, was sie tun, aber sie machen das sehr gut. Vielleicht ist Schach gar nicht wert, genau verstanden zu werden, jetzt, wo wir eine so einfache Lösung gefunden haben." Tatsache ist, daß den Computern auch heute noch, trotz aller Leistungssteigerung, der „gesunde Menschenverstand" abgeht – und ohne den kommen sie dem hochfliegenden Ziel, menschliches Intelligenz-Niveau zu erreichen, keinen Schritt näher.

Geschickte Fragen sollen die Maschine entlarven

Über die Definition von Intelligenz bei einem Computer hat sich bereits 1950 der englische Mathematiker Alan Turing den Kopf zerbrochen. Er stellte sich für seinen „Turing-Test" folgende Versuchsanordnung vor: In einem Zimmer steht ein Computer, in einem anderen sitzt ein Mensch. In einem dritten Raum befindet sich ein Prüfer, der aber nicht weiß, hinter welcher Tür sich Mensch oder Maschine jeweils verbergen. Durch geschicktes Frage-und-Antwort-Spiel –, geführt lediglich über Tastatur und Monitor – soll er herausfinden, in welchem der



Mit zwei Kamera-Augen sollte sich »Neptune«, ein von Hans Moravec konstruierter Roboter, auch in unbekanntem Terrain zurechtfinden. Der KI-Experte von der amerikanischen Carnegie Mellon University und andere Forscher sehen darin bereits »intelligentes« Verhalten. Bevor »Neptune« losrollt, macht sich der Rechner erst schlau: Mit Hilfe der Stereo-Optik zeichnet er sich eine Landkarte seiner Umgebung und plant einen Weg

Der Roboter-Spezialist Hans Moravec möchte unseren Geist von der sterblichen Hülle befreien und in Maschinen laden

„Die Menschheit wird in etwa 50 Jahren überflüssig und dann möglicherweise in einem Krieg mit superintelligenten Robotern vernichtet"

beiden Zimmer der Computer steckt. Gelänge ihm dies auch nach stundenlangem Dialog nicht, dann dürfe die Maschine als intelligent gelten.

Gegen diese Definition haben Abtrünnige aus der KI-Gemeinde, aber auch Philosophen – etwa Hans Jonas (siehe Kasten auf Seite 142) und vor allem der Kalifornier John Searle – immer wieder Einwände erhoben. Ihre Argumentation stützt sich auf die Strickart der Programme: Computer, die geschriebene Sprache „verstehen", zergliedern und „interpretieren" die eingegebenen Sätze mit Hilfe rein formaler Regeln, die ihnen ein Programmierer eingespeichert hat. Auch das „Wissen", aus dem sie ihre Antworten schöpfen, besteht aus vielen gespeicherten Wenn-dann-Regeln etwa „Wenn es regnet, dann sind die Straßen glatt". Durch Kombination solcher Verknupfungen kann der Computer auf bestimmte Fragen scheinbar intelligente Antworten geben. Doch vom Inhalt dessen, was er auf dem Monitor oder Drucker ausgibt, hat er ebensowenig eine „Ahnung", wie ein Computer, der Kontoauszuge druckt, „weiß", was Geld oder eine Bank ist.

Der »Papst« der Zunft verabscheut die Religion

Mit seinem Gedankenexperiment vom „chinesischen Zimmer" hat John Searle den Turing-Test karikiert: Darin sitzt eine englischsprachige Person, die kein Wort Chinesisch beherrscht. Sie hat Körbe voller Karten mit chinesischen Symbolen und eine englische Anleitung, wie die Symbole sinnvoll zu kombinieren sind. Schicken nun Personen von außen eine Frage in Form einer Folge chinesischer Zeichen in das Zimmer, so vermag die Person drinnen mit Hilfe ihrer Anleitung eine Antwort zu generieren. Die sinnfallige Kartenkombination läßt die Fragenden draußen glauben, das chinesische Zimmer „verstehe" tatsächlich Chinesisch. Doch die Person im Innern hat rein gar nichts verstanden. Und genauso dumm sind KI-Programme, argumentiert Searle.

Kein Wunder also, daß Minsky auf Philosophen nicht gut zu sprechen ist. „Searle redet Unsinn. Sie sollten nicht auf ihn hören", rät er mir. „Verständnis ist ohnehin relativ. Wenn uns jetzt eine sehr intelligente Person zuhörte, würde sie sagen, wir seien auch nur regelbasierte Systeme und verstünden nichts." „Aber", wende ich ein, „ist die Intelligenz eines regelbasierten Systems nicht nur simulierte Intelligenz?" „Ja, aber das macht nichts. Es ist egal, woher sie kommt. Vielleicht ist alle Intelligenz nur simuliert, weil sie nichts ist als Regeln im Kopf." Minsky ist das Thema sichtlich zuwider, seine Augen huschen unstet hinter der Brille hin und her. Auf den Einwand hin, daß ihm da viele nicht zustimmen, poltert er los: „Das ist mir egal. Es gibt Leute, die glauben, Allah wird böse, wenn man nicht funfmal täglich betet. Wenn viele Leute etwas glauben, ist das eine kollektive Geisteskrankheit. Philosophie ist nichts als eine primitive Kultur."

Dabei hat sich der KI-Papst, vielleicht wider Willen, mit seinem 1986 veröffentlichten Buch „The Society of Mind" – auf deutsch unter dem Titel „Mentopolis" erschienen – selbst in diese vermeintlichen Niederungen begeben. In diesem Werk versucht er zu erklären, wie „Intelligenz aus Nicht-Intelligenz entstehen" und „wie man Geist aus kleinen Teilen zusammensetzen kann, die jedes für sich ohne Geist sind". Die kleinen Teile nennt er „Agenten"; sie sind zusammengefaßt zu größeren, aufsichtführenden „Agenturen". Minsky wollte die stagnierende KI-Forschung zu Lösungsansätzen auf der Ebene der „Agenturen" inspirieren – für ihn die einzige Chance, Maschinen doch noch „gesunden Menschenverstand" einzuhauchen. Aber viele seiner Kollegen, resigniert er, haben das Buch nicht gelesen – was sicher auch, wie einer von ihnen meint, an dessen „etwas kryptischer" Botschaft liegt. Minsky blieb die bittere Erkenntnis: Sein immenser Einfluß ist verloren, er zählt heute zum alten Eisen.

Hardliner wollen die Menschen durch Super-Roboter ersetzen

Die jungen Forscher suchen derweil wie vor 35 Jahren lächerliche Detail-Lösungen und, so Minsky, „verschwenden Jahre ihres Lebens damit, kleine Roboter über den Boden kriechen zu lassen". Der Glaube des großen KI-Pioniers an seine Mission ist dennoch ungebrochen. Im Nachwort seines Buches formuliert er das der KI-Utopie zugrundeliegende Credo: „Ist der Geist eine Maschine? Daran habe ich nicht den geringsten Zweifel; für mich stellt sich nur die Frage: Was fur eine Maschine ist der Geist?"

Diesem Glauben hängt auch Hans Moravec an, der die „genetische Wachablösung" der Menschheit durch Super-Roboter angekündigt hat. Er arbeitet gerade an ei-

Butter auf Toast zu streichen erfordert eine Menge Schmalz im Elektronenhirn: Was wir beim Frühstück mit Leichtigkeit nebenbei erledigen, ist für Roboter eine Aufgabe höchsten Schwierigkeitsgrades. Diese Kunsthand – entwickelt von Stanley Rosenschein bei Teleos Research im kalifornischen Palo Alto – muß sich auf die unebene Oberfläche des Brotes ebenso einstellen wie auf die Festigkeit der Butter

Der Computer-Experte Joseph Weizenbaum hält die Ideen der KI-Hardliner für unerträgliche Wahnvorstellungen

„Solche Ideen haben Macht. Sie können gefährlich sein, auch wenn sie nicht stimmen. Denn Gott spielen ist eine starke Droge, stärker noch als Heroin"

nem Projekt bei der „Thinking Machines Corporation“ in Cambridge, so daß ich ihn dort in seiner Zweitwohnung nahe dem MIT besuchen kann. Statt eines zynischen Weltverächters öffnet mir ein überaus freundlicher und höflicher Mensch, noch leicht schlaftrunken, obwohl es schon 14 Uhr ist. Denn Moravec arbeitet vorzugsweise nachts, in den „langen, stillen Stunden“. Ich hätte das Treffen vorher ein zweites Mal telefonisch bestätigen sollen, tadelt mich seine Frau Ella. Sie ist Theologiestudentin und schreibt gerade ihre Examensarbeit über das Alte Testament.

Hans Moravec sucht Alternativen zum biologischen Leben

Wir nehmen am Eßtisch Platz, weil ein Personal Computer den Couchtisch blockiert. Ein weiterer Rechner mit drei Monitoren steht in einer Ecke des Schlafzimmers. Moravec ist gebürtiger Österreicher; mit vier Jahren kam er nach Kanada und später in die USA. Wie er jetzt so groß und breit – die kräftigen Arme im kurzärmeligen Hemd, das über dem Bauch spannt – vor mir sitzt und mit warmer, voller Stimme losplaudert, denke ich: In Österreich hätte ein prächtiger Almbauer aus ihm werden können. Lediglich die von der Nachtarbeit verschatteten Augen trüben das Bild. Insgesamt aber scheint er einverstanden zu sein mit sich und der Welt. Was also stört ihn am biologischen Leben?

„Nun, im Grunde überhaupt nichts. Ich finde wunderbar, daß es existiert und bis zum jetzigen Punkt gelangt ist. Aber wir haben Alternativen jenseits der Biologie. Sie ist mit ihren Eiweißstrukturen nur eine von mehreren möglichen Techniken – eine, die sich aus einfacher Chemie entwik-

Die Bedrohung des Menschen durch moderne Hochtechnologie bewog Hans Jonas, mit seinem Buch „Das Prinzip Verantwortung“ für eine neue Ethik zu plädieren. Der 89jährige in New Rochelle bei New York lebende Philosoph fordert in Abwandlung des Kantschen Imperativs: „Handle so, daß die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.“ Das ist exakt das Gegenteil von dem, was Roboter-Forscher Hans Moravec anstrebt.

Ein Mißbrauch der Phantasie

GEO-WISSEN: Was halten Sie von der Behauptung mancher mit „Künstlicher Intelligenz“ befaßter Forscher, Computer könnten schon bald über Emotionen und Bewußtsein verfügen?

JONAS: Mir ist kein positiver Grund dafür bekannt, weshalb ein Mechanismus – und sei er auch noch so komplex – Intelligenz, Bewußtsein oder sogar einen Willen entwickeln könnte.

GEO-WISSEN: Der Roboter-Forscher Hans Moravec sieht eine in mehreren Stufen verlaufende Roboter-Evolution beginnend mit einem „Volks-Roboter“, der einfache Hausarbeiten erledigt, bis hin zu einer Art mechanischem Übermenschen. Er glaubt, seine Roboter könnten mit Hilfe ständig verbesserter Technik immer komplexere und vollständigere innere Repräsentationen ihrer Umwelt erzeugen. Dabei würde sich irgendwann auch Bewußtsein einstellen.

JONAS: Das letztere ist eine willkürliche Behauptung, für die nicht das mindeste spricht. Selbst wenn alle Gehirnfunktionen beim Menschen verstanden wären, bliebe es unmöglich, Bewußtsein und Subjektivität technisch zu erzeugen. Die Roboter führen immer nur Befehle aus, die ihnen ein Programmierer eingegeben hat. Damit die Handlungen eines Roboters oder der Output eines Computers überhaupt erst als intelligent interpretiert werden können, bedarf es folgender Voraussetzungen: Am Anfang muß ein Mensch den Auftrag erteilen, und am Ende muß wieder ein Mensch dasein, der die Handlung oder den Output als Lösung des eingangs formulierten Problems deutet. Die Maschine hat erst „gedacht“, wenn ein Denkender das Resultat entgegennimmt.

GEO-WISSEN: Moravec sagt, er wolle den Robotern eine Vielzahl von Handlungsalternativen einspeichern. Abhängig von den Umgebungsbedingungen würden sie dann die jeweils effektivste wählen. Die dazu nötigen Informationen brauchten nicht programmiert zu werden, weil die Roboter ihre Umgebung mit Sensoren erkunden könnten – sie hätten Kamera-Augen zum „Sehen“ und zum „Abschätzen“ von Entfernungen, Mikrophone zum „Hören“ und weitere künstliche Sinne.

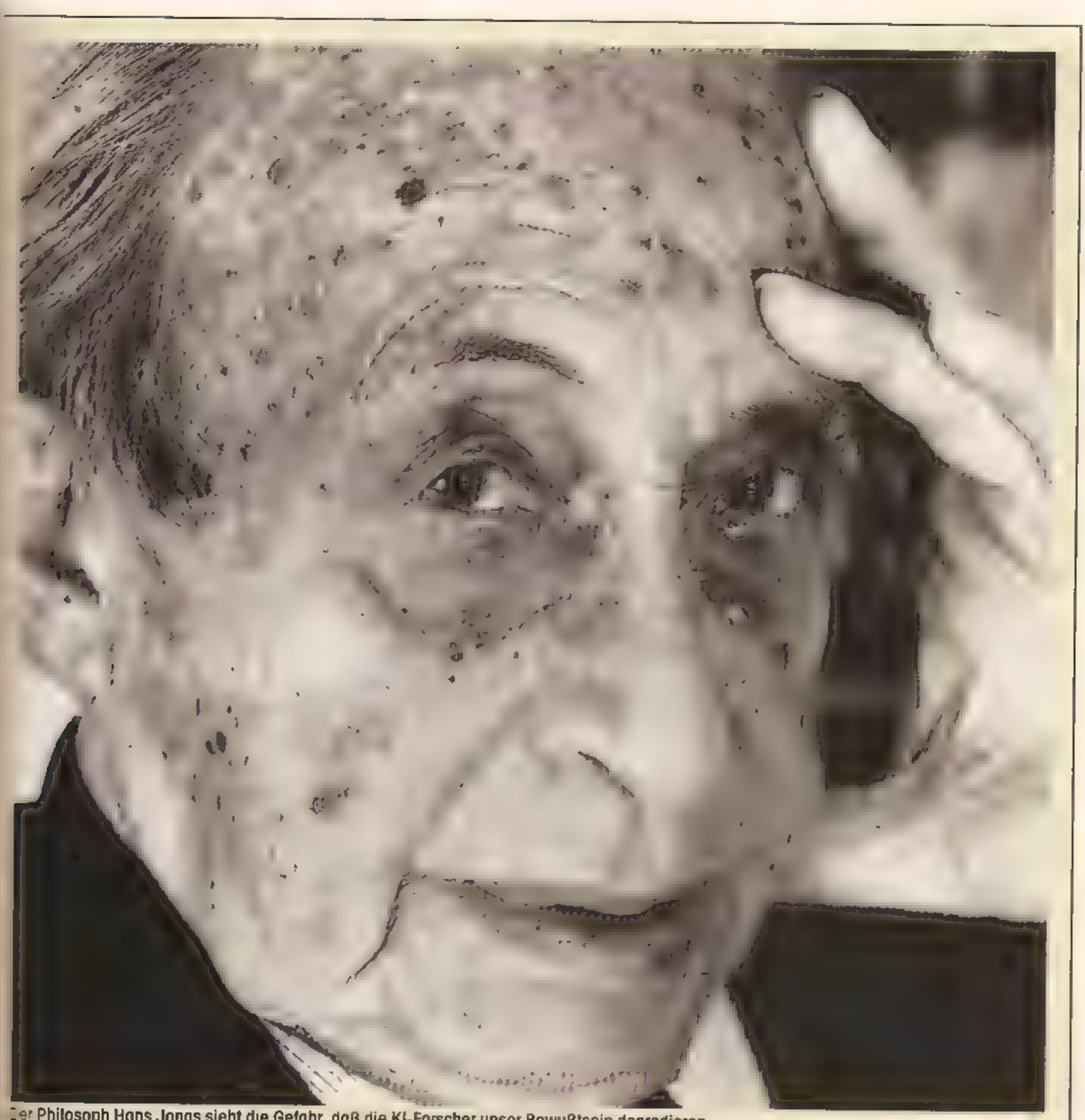
JONAS: Aber die Handlungsalternativen blieben programmiert, der Rest ist hochentwickelte Sensorik. Auch einem Thermostaten wird niemand „Empfindung“ zuschreiben, weil er für Außenreize „empfindlich“ ist. Hier wird doch ein Spiel mit Worten getrieben – Sehen, Hören, Abschätzen. Auch wenn ein Roboter nah und fern unterscheidet und daraufhin passende Verhaltensprogramme aktiviert, so ist es doch grundlos und total überflüssig, da ein subjektiv erlebtes „Erkennen“ oder gar „Wollen“ hineinzulesen. Zweck der Roboter ist doch gerade, subjektive Mühe durch objektive Abläufe zu ersparen.
Wirkliches Erkennen, das ist für mich zum Beispiel das Lächeln eines drei Monate alten Kindes, wenn seine Mutter liebevoll zu ihm spricht. Solche Emotionen Maschinen anzudichten zeugt Blindheit für Wesensunterschiede und Mißbrauch der Phantasie, die der Mensch der Maschine voraus hat.

GEO-WISSEN: Marvin Minsky sagt, Emotionen seien so simpel, daß er sie ohne Schwierigkeiten programmieren könne. Im übrigen hält er Philosophie für eine „Geisteskrankheit“.

JONAS: Diese Menschen denken raffiniert und dennoch primitiv. Solche Programme zustande zubringen erfordert sicherlich ein gehöriges Maß an formaler, wohlfunktionierender Intelligenz. Aber die Programme oder Roboter dann durch einfachen Sprachgebrauch als intelligent fühlend, sehend, denkend zu bezeichnen – den Schritt also zu machen zu dem, was wir als Subjektivität und Bewußtsein kennen –, das scheint mir ein ganz primitiver Denkfehler zu sein. Ein schlecht erzogenes, phänomenologisch ungeschultes Denken macht sich da an eines der wichtigsten metaphysischen Probleme der Seelenlehre, nämlich: Wie stehen Res cogitans und Res extensa zueinander, wie wirken Dinge und deren Wahrnehmungen im Bewußtsein zusammen?
Bis heute weiß kein Wissenschaftler, weshalb ich, wenn ich im Geist den Entschluß dazu fasse, meinen Arm heben kann oder weshalb ich Schmerzen empfinde, wenn sich mein Körper verletzt hat. Dieses Leib-Seele-Problem ist eines der großen ungelösten und vielleicht niemals lösbaren Rätsel. Der Physiologe Emil du Bois-Reymond hat bereits im 19. Jahrhundert gesagt: „ignoramus et ignorabimus“ – wir wissen nicht und wir werden nicht wissen. Das hat ihm die Forschung sehr übel genommen. Aber bislang hat er recht behalten.

GEO-WISSEN: Halten Sie Leute wie Minsky und Moravec für eine Gefahr?

JONAS: Daß Roboter sich mit eigener Zielsetzung und eigenem Bewußtsein selbständig machen können, halte ich für eine Wahnsinnsphantasie, die allerdings sehr amüsant ist. Ich teile jedoch Herrn Weizenbaums Auffassung, daß die Ideen dieser Leute erschreckend und bedenklich sind, da sie unser Bewußtsein mit seiner Verantwortung vor uns selbst degradieren. Eine wirkliche Gefahr sehe ich in der modernen Alltagstechnik, die uns bereits heute über den Kopf gewachsen ist und die Umwelt zerstört. In 50 Jahren werden wir wohl ganz andere Sorgen haben als Moravecs Super-Roboter, zum Beispiel die Überbevölkerung.



Der Philosoph Hans Jonas sieht die Gefahr, daß die KI-Forscher unser Bewußtsein degradieren

„Selbst wenn alle Gehirnfunktionen beim Menschen vollständig verstanden wären, bliebe es unmöglich, Bewußtsein technisch zu erzeugen"

keln konnte. Das ist das eigentlich Wunderbare am Leben. Leider aber eignet sich dieses Material nicht für die Unsterblichkeit."

Moravec holt sich schnell eine Banane aus der Küche. Wir könnten heute mit Computern völlig andere Strukturen entwerfen, fährt er fort. Bald seien wir in der Lage, unseren Geist auf Roboter zu übertragen. Sie würden dann ihre eigenen Nachfolger bauen, sich ständig selbst verbessern und so die Evolution fortsetzen.

Wie diese „Geist-Übertragung" praktisch ablaufen könnte, beschreibt Moravec in seinem Buch „Mind Children": Ein Roboterchirurg legt seine Super-Sensorhand auf das noch bewußte Gehirn im geöffneten Schädel, erzeugt für die oberste Hirnschicht ein Simulationsprogramm und lädt dieses in den Computer des bereitstehenden Roboterkörpers. Dann trägt er die Hirnschicht mechanisch ab. Schichtweise arbeitet er sich bis zum Hirnstamm vor. Am Ende stirbt der Körper, die „Sülze" wird von einem „Absaugapparat" geschluckt. „Dann", schreibt Moravec, „können Sie die Augen wieder öffnen. Ihre Perspektive hat sich verändert . . . Ihr Geist ist jetzt an den glänzenden neuen Körper angeschlossen, dessen Form, Farbe und Material Sie selbst ausgesucht haben."

Mit diesem – unrealistischen – Horrorszenario, das er gleichwohl als Erlösung anbietet, zeichnet Moravec ein perverses Zerrbild unserer Konsum- und Wegwerfgesellschaft: Statt unseren Körper wie heute in Fitness-Studios zu bräunen und zu stählen, würden wir einfach „shopping" gehen und das neueste Modell kaufen – so wie ein Auto.

Der KI-Kritiker Joseph Weizenbaum findet Moravecs Weltbild denn auch unerträglich. Er vergleicht „Mind Children" mit Hitlers Buch „Mein Kampf", weil es ebenfalls einen Genozid ankündigt: „Die Frage, ob das wirklich gemacht werden kann, ist lächerlich. Das Problem ist die Weltanschauung dahinter. Ideen haben Macht, sie können gefährlich sein, auch wenn sie nicht stimmen."

Hans Moravecs Buch hat jedenfalls Heerscharen neuer „Robotics"-Studenten an die Carnegie Mellon University gelockt. „Gott spielen, das ist eine starke Droge", kommentiert Weizenbaum, „stärker noch als Heroin."

Die emotionale Dimension seiner Ideen scheint Moravec selbst nicht klar zu sein. In seinem Buch findet sich vorn die Widmung: „für Ella, die mich vollständig machte". In einer Fernsehdiskussion fragte Weizenbaum ihn: „Wenn Ihre Frau Ella nun wüßte, daß sie in ein paar Stunden von einem Auto überfahren würde und sich deshalb geistig in einen Computer transferieren ließe, würde der Computer sie danach ebenfalls ‚vollständig' machen?" Da verschlug es dem sonst so beredsamen Hans die Sprache. Weizenbaum: „In den nächsten zwei Stunden hat er nicht einmal 200 Wörter herausbringen können."

Der Traum vom ewigen Leben eint das ungleiche Paar

Drei Tage später warte ich in einem Fischrestaurant nahe dem MIT auf das Ehepaar Moravec. Zur vereinbarten Zeit stürzt Ella atemlos herein: „Ich wollte nur sehen, ob Sie schon da sind. Hans ist noch im Labor. Er verzettelt sich immer." Während sie ihn holt, erinnere ich mich daran, wie Moravec mir schmunzelnd erzählte, sie hätten ihre Hochzeit vor acht Jahren wegen ständiger Grundsatzdebatten um ein Jahr verschieben müssen. Inzwischen haben die beiden auf-

Intelligente Apparate. Z

Alle KI-Forscher möchten Maschinen bauen, die sich „intelligent" verhalten. Wie das jedoch zu definieren und zu erreichen sei, darüber haben sie sehr unterschiedliche Auffassungen.

Traditionalisten wie Marvin Minsky orientieren sich vornehmlich an der menschlichen Logik: „Ich möchte den Maschinen beibringen", erklärt er, „einfache Geschichten in normaler menschlicher Sprache zu verstehen." Dafür eignen sich am besten natürlichsprachliche Expertensysteme, die geschriebene Sätze mit Hilfe von Wenn-Dann-Regeln semantisch analysieren und „interpretieren". Dieser Ansatz hatte bislang nur in eng begrenzten Themenbereichen Erfolg – und selbst dort nur bescheidenen.

Gleichsam mit der Brechstange versucht ein Team um den Amerikaner Douglas Lenat diesem Ziel dennoch näherzukommen. Es hat seinem Expertensystem „Cyc" in bislang 500 „Mann-Jahren" Programmierzeit knapp eineinhalb Millionen Fakten und Regeln eingetrichtert. Bis 1994 oder 1995 sollen es zehn Millionen sein. Dann soll Cyc so „intelligent" sein, daß es durch „Lesen" eigenständig neues Wissen erwerben kann – eine kühne Illusion, zumal zunehmende Komplexität in Computersystemen bislang stets deren Fehleranfälligkeit erhöht hat. Wie dumm Cyc bis heute ist, offenbart die Antwort auf die einfache Frage, was Cyc sei: „Cyc ist ein Computerprogramm." Daß es selbst dieses Programm ist, davon hat Cyc keinen Schimmer.

Ganz andere Prämissen setzen Roboter-Forscher wie Hans Moravec. Für sie ist eine Maschine intelligent, wenn sie sich dank „Sinneswahrnehmung" in unbekanntem Terrain zurechtfinden kann. Dazu statten die Wissenschaftler ihre „autonom mobilen Roboter" mit einer Vielzahl von Sensoren aus. Computer werten deren Daten aus und erzeugen Motor-Steuerkommandos. Können die Maschinen kollisionsfrei manövrieren, werden ihnen auch „höhere" Fähigkeiten einprogrammiert – etwa Straßen zu folgen oder Wärmequellen anzusteuern.

Manche Forscher wie der am Massachusetts Institute of Technology (MIT) lehrende Rodney Brooks verzichten bewußt auf die Konstruktion eines „Zentralgehirns". Statt dessen bauen sie kleine Roboter, die wie Insekten reflexhaft reagieren. Spüren deren Tastsensoren im Beinen Hindernisse, gibt sie an den Beinmotor ein Rückzugskommando. Brooks Roboter verfügen über Rechner-Architekturen, die denen der neuronalen Netze (siehe S. 120) ähneln und sie „lernfähig" machen.

Moravec und seine Kollegen von der Carnegie Mellon University (CMU) in Pittsburgh halten Brooks „Käfer" schlicht für „Spielzeug". Die CMU-Roboter sind weit voluminöser und operieren eher „traditionell": Sie bauen anhand der Sensordaten eine innere „Repräsentation" ihrer Umgebung auf – Form einer zwei- oder dreidimensionalen Landkarte. Erst dann suchen sie einen kollisionsfreien Weg. Diese Methode ist sehr rechenaufwendig und entsprechend langsam. Dafür können Moravecs Maschinen ihren Kurs im voraus planen, sie müssen nicht erst „anecken".

Wie traurig es indes auch um deren Fähigkeiten bestellt ist, zeigte der an der CMU konstruierte „Terregator" – ein „sehender" autonomer Geländewagen. Bei einem Testlauf in einem Park fuhr sich das sechsrädrige Ungetüm an einem Baum fest, weil es dessen geraden Stamm statt der kurvenreichen Parkwege für seine Fahrbahn hielt.

Von ihren jeweiligen Mißerfolgen wenig erschüttert glauben die „oben" ansetzenden Roboter-Forscher und die von „oben" herab orientierten KI-Logiker gleichwohl, ihre Ansätze würden sich in Zukunft einmal treffen.

Unter den Händen von Mitarbeitern der »Mobile Robot Group« am Massachusetts Institute of Technology ist der krabbelnde Mini-Roboter »Attila« entstanden. Vorbild waren Insekten: Der Elektronik-»Käfer« findet seinen Weg ohne Zentralrechner mit Sensoren und programmierten Reflexen

e: zwei Wege zum fernen Ziel

gegeben, sich wechselseitig zu überzeugen.

Beim Essen läßt Hans Moravec noch einmal seine Phantasie blühen. Genußvoll einen Vanilla Fudge verzehrend, erklärt er: „Die Roboter werden, genau wie die Menschen jetzt, auch nur als Zwischenstadium existieren. Sie brechen in den Weltraum auf, bauen Fabriken und wandeln schließlich die gesamte Materie des Universums, inklusive der Neutronensterne, in Computer um. Dann transferieren sie ihren Geist in diese Computer und leben fortan nur noch in der ‚virtuellen Realität' – in Cyberspace." Das sei effektiver und biete evolutionäre Vorteile. Am Ende verschmelze das ganze Universum zu einer einzigen denkenden Einheit, zu einer Gottheit, die sich selbst erkennt.

Ella sitzt wortlos daneben, sucht meinen Blick und rollt demonstrativ mit den Augen. Dann kommt sie, die angehende Theologin, zu Wort: „Egal wie weit die Erkenntnisse der Naturwissenschaft gedeihen, es wird immer eine Unendlichkeit des Nichtwissens übrigbleiben." Und diese, erklärt sie lang und breit, können wir nur mit dem Glauben an Gott füllen.

Hans hört nicht zu, sitzt gedankenversunken daneben. Er hat die sechseckigen Kräcker, die zur Fischsuppe gereicht wurden, auf der Serviette zu einem großen, fransigen Trapez zusammengelegt. Vielleicht konnten sich die beiden immer wieder zusammenraufen, weil sie letztlich doch eines gemein haben: Beide träumen von einem besseren Leben nach dem Tode Ella im Himmel, Hans in seinem „glänzenden, neuen Körper". □

Nick S. Martins, 35, lebt als freier Wissenschaftsjournalist in Berlin. Der New Yorker Fotograf **Jonathan Becker**, 38, arbeitet für das amerikanische Magazin „Vanity Fair"

...also bin ich ein phänomenaler Zustand?

VON FRANZ MECHSNER

Wie seltsam, jemand zu sein. Und noch seltsamer, es zu wissen. Ganz plötzlich kann uns jenes eigenartige „Ich-Erlebnis" überfallen, „auf einer Bank im Wald" etwa, wie es der Philosoph Ernst Bloch im Alter von acht Jahren zum erstenmal erfuhr: „Und ich spurte ‚mich' als den, der sich spürte, der heraussah, von dem man nie mehr loskommt, so schrecklich wie wunderbar, der ewig in der eigenen Bude mit Globus sitzt."

Bewußtsein: Über kaum ein Thema haben die Denker der letzten Jahrhunderte so intensiv gegrübelt wie über jenes innere Geschehen, das uns die Welt und uns selbst erleben läßt. Den Auftakt zu dieser Diskussion und damit zur neuzeitlichen Philosophie gab Mitte des 17 Jahrhunderts René Descartes' „Als wenn ich unversehens in einen tiefen Strudel hinabgesturzt wäre", fühlte er sich, als er erkannte, daß er nichts sicher wissen könne nicht einmal, ob es die Welt überhaupt gibt. Einen einzigen festen Halt fand der französische Philosoph schließlich im Strudel seiner Zweifel: Über alles könne er sich täuschen, nicht jedoch darüber, daß er es sei, der da denkt. Und deshalb könne er zumindest gewiß sein, daß er existiere: „Ich denke, also bin ich."

Was aber, überlegte Descartes weiter, „bin ich"? Bestimmt nicht sein Körper, denn schließlich sei es nicht ausgeschlossen, daß er sich dessen Existenz nur einbilde. Folglich könne er nur die von ihm so deutlich bemerkte „denkende Substanz" – Geist, Seele, Verstand, Vernunft sein. Kurz: „Ich bin" nichts anderes als „mein Bewußtsein"

Mit einer atemberaubenden gedanklichen Volte glaubte sich Descartes nun aus der Isolation seines Bewußtseins herauswinden zu können: In seinem Geist gebe es die Idee der Vollkommenheit. Da er selbst aber unvollkommen sei, könne diese Idee nicht aus ihm entspringen, sondern müsse ihm von einem vollkommenen Wesen eingegeben worden sein. Gott existiere also. Und da dieser ihn gewiß nicht täusche, gebe es auch die Welt, diese „ausgedehnte Substanz".

Bewußtsein – davon war Descartes überzeugt – sei identisch mit Intelligenz und letztlich nichts anderes als die unsterbliche Seele. Als Ausdruck des Bewußtseins definierte der Denker das Sprachvermögen. Der dümmste Mensch könne sprechen, ein Tier jedoch nicht. Tiere, aber auch der menschliche Körper, seien bewundernswerte, von Gott konstruierte Maschinen. Ihr Herz schlage, ohne daß eine Seele dazu nötig sei, und ebenso automatisch könnten sie atmen und verdauen, ja sogar gehen und wahrnehmen. Als seelen- und damit bewußtlose Maschinen seien sie jedoch niemals fähig zu denken und zu sprechen.

Mit seinem Geniestreich, Intelligenz und Bewußtsein als Eigenschaften der Seele zu definieren, handelte sich Descartes allerdings eines der vertracktesten philosophischen Rätsel ein – das „Leib-Seele-Problem". Wie mobilisiert die immaterielle Seele den materiellen Körper? Woher nimmt sie die physikalische Energie, ohne die sich jener nun einmal nicht beeinflussen läßt? Und auf welche Weise wirkt umgekehrt der Körper auf die Psyche?

Descartes fand zwar auf diese Fragen keine befriedigende Antwort, glaubte aber immerhin den Ort identifiziert zu haben, an dem Leib und Seele kommunizieren: Diese Wechselwirkung finde – da jeder Mensch nur ein einziges Bewußtsein habe – in der Zirbeldrüse statt, dem einzigen damals bekannten unpaaren Organ des Gehirns.

Nach Descartes ist es schwerer geworden, Intelligenz und Bewußtsein

LEIB-SEELE-PROBLEM

Das cartesische Dilemma

René Descartes (1596 bis 1650) hinterließ eine vertrackte Fragestellung: das Leib-Seele-Problem. Seither wurden zahlreiche Lösungen diskutiert.

Zum **DUALISMUS**, für den Körper und Geist zwei unterschiedliche „Substanzen" sind, zählen

- Interaktionismus: Körper und Geist wirken aktiv aufeinander
- Parallelismus: Körper und Geist wirken synchron, jedoch nicht aufeinander
- Epiphänomenalismus: Nur der Körper wirkt auf den Geist

Zum **MONISMUS**, für den Geist und Materie zu einer einzigen „Substanz" gehören, zählen

- Neutraler Monismus: Körper und Geist sind unterschiedliche Aspekte *einer* Wirklichkeit
- Panpsychismus: Auch was uns als materiell *erscheint*, ist in Wirklichkeit Geist
- Identitätstheorie: Auch was uns geistig *erscheint*, ist in Wirklichkeit Materie
- Funktionalismus: Körper und Geist verhalten sich zueinander wie Hardware und Software im Computer
- Emergenter Materialismus: Geist ist mit dem Körper verbunden, aber gleichwohl durch Neues gegenüber dem bloß Körperlichen gekennzeichnet

»Der verderbliche Pfad«. Aus dem Bilderzyklus zur Geschichte der menschlichen Seele von Louis Janmot (1814-1892)

Wie mobilisiert die immaterielle Seele den materiellen Körper?

schlicht auf das Wirken einer unsterblichen Seele im sterblichen Körper zurückzuführen. Im Laufe des 19. Jahrhunderts erkannten Wissenschaftler, wie stark unser Seelenleben vom Gehirn und besonders von der Hirnrinde – dem Cortex – abhängig ist. Sie entdeckten Hirnareale, ohne die wir nicht sprechen oder Sprache verstehen können. Und sie fanden Nervenbahnen, welche die Areale des Cortex kreuz und quer miteinander verbinden. Bildet nicht dieses Geflecht, so fragten sich die Pioniere der Neurobiologie, den vermuteten Grundmechanismus der Geistestätigkeit unmittelbar ab – die Fähigkeit, Vorstellungen miteinander zu verknüpfen, zu „assoziieren"?

Der Schlüssel zur materialistischen Erklärung von Intelligenz und Bewußtsein schien gefunden zu sein. „Im Aufbau unseres Geistes", verkündete der Psychiater und Hirnanatom Paul Flechsig im Jahr 1896, „in den großen, beharrenden Zügen seiner Gliederung, spiegelt sich klar und deutlich die Architektur unseres Gehirns wider."

Heute, am Ende des 20. Jahrhunderts, gilt die Ansicht, das Seelenleben basiere auf Hirnaktivität, als höchst plausibel. Und dennoch stehen Neurobiologen, Psychologen und Philosophen immer noch ratlos vor dem Rätsel des inneren Erlebens. Wie sie das Problem auch wenden, die phänomenalen Zustände unseres Bewußtseins scheinen nicht in das naturwissenschaftliche Weltbild zu passen. Vor allem drei abgründige Schwierigkeiten machen das Bewußtsein so mysterios:

● Völlig rätselhaft ist, wie aus physikalischen Vorgän-

Und nun bezeichnen Forscher die uns so selbstverständlichen Vorstellun

gen geistige Erlebnisse entstehen und auf welche Weise diese wiederum körperliche Wirkungen hervorrufen können.

● Wir können – vielleicht aus prinzipiellen Gründen – nicht sicher wissen, ob andere Wesen Bewußtsein haben oder nicht („Other Minds-Problem").

● Eine erfolgreiche Deutung des Seelenlebens als Hirnaktivität wäre fatal für das wissenschaftliche Weltbild. Denn die vollständige Erklärung der Geistestätigkeit als „Informationsverarbeitung" oder als neuronales Geschehen ließe für das Bewußtsein weder Platz noch Aufgabe – womit Existenz und Zweck des inneren Erlebens doppelt rätselhaft würden: Die materialistische Auffassung des Geistes löst keineswegs den „Weltknoten", wie Schopenhauer das Leib-Seele-Problem genannt hat.

So entfaltet sich eine unglaubliche Geschichte. Ob ein Wesen bewußt ist oder nicht, scheint uns intuitiv ein entscheidender, ja kategorieller Unterschied zu sein. Das Gebot „Liebe deinen Nächsten wie dich selbst" wäre absurd, könnte der Nächste die Zuneigung nicht empfinden. Ganz selbstverständlich erleben wir unsere Absichten als Ursache unseres Tuns.

Und nun kommen ernsthafte Forscher daher und bezeichnen diese uns so selbstverständlichen Vorstellungen uber das Seelenleben herablassend als „Alltagstheorie". Ja selbst die Existenz des Bewußtseins – für Descartes die einzige Gewißheit – sei vielleicht nur Illusion und zur Erklärung von Denken, Wahrnehmen und Verhalten überflussig

Nachdenken uber das Bewußtsein verursacht bei Wissenschaftlern und Philosophen bis heute intellektuelle Ratlosigkeit, ausgelöst durch scheinbar unauflösliche Paradoxien und allzu grelle Widersprüche zur Alltagserfahrung. Davor bewahren auch vermeintlich solide Gedankengänge auf sonst festem naturwissenschaftlichen Grund nicht etwa die Erkenntnis, daß alle Lebewesen Produkte der Evolution sind: Sie läßt zwar die Vorstellung plausibel erscheinen, daß auch das Bewußtsein Produkt einer stammesgeschichtlichen Entwicklung ist, gleichsam im Gefolge des Entstehens von Sozialverhalten, Einfühlungsvermögen und Sprache. Aber auch dies beseitigt nicht den Stachel des Leib-Seele-Problems: Eine evolutionare Erklärung setzt voraus, daß geistige – „innere" – Erlebnisse einen selektiven Vorteil bedeuten, also in irgendeiner Weise auf die Welt einwirken können. Womit sich wieder das ungelöste Problem stellt, wie das möglich sein kann.

Hat unser Gegenüber tatsächlich Bewußtsein?

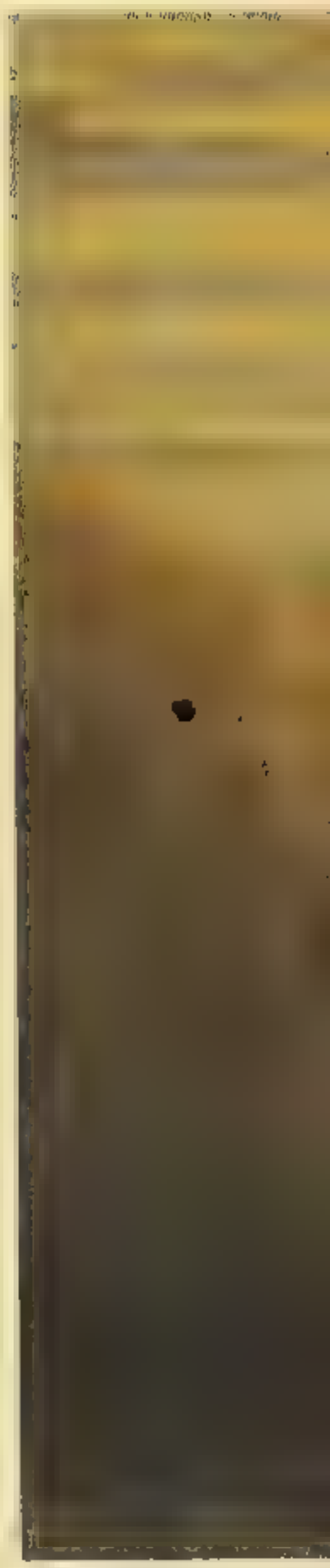
Faustregeln und Intuitionen, nach denen wir im Alltag anderen Wesen Bewußtsein zu- oder absprechen, funktionieren um so besser, je ähnlicher die beurteilten Erlebnisse unseren eigenen zu sein scheinen. So sind wir überzeugt, daß ein Mensch, der im Café mit uns spricht, innere Erlebnisse hat Doch in Zweifelsfällen fühlen wir uns unserer Intuitionen nicht mehr sicher: Ist beispielsweise ein narkotisierter oder gar im Koma liegender Mensch wirklich völlig bewußtlos? Nimmt er vielleicht doch – wie Hirnstrommessungen nahelegen – dieses und jenes wahr? Was wird ihm davon bewußt? Nimmt er vielleicht unsere Nähe wahr, versteht gar, was wir sagen, obwohl er äußerlich nicht reagiert?

Noch hilfloser werden wir, wenn es um die Frage geht, ob Pferde und Mäuse, Frösche, Schnecken oder Fliegen Bewußtsein haben Spürt die Mücke den tödlichen Schlag? Oder wenn wir überlegen sollen, ob und – wenn ja – unter welchen Bedingungen Maschinen Bewußtsein entwickeln könnten und was dies ethisch für uns bedeuten würde.

Sogar in uns selbst öffnet das „Other Minds-Problem" Abgründe: In der Regel wissen wir wenig von unseren unbewußten Wünschen, Ängsten und Motiven. Und wenn wir sie – vielleicht mit Hilfe einer Psychoanalyse – zu enträtseln suchen, fördern wir nicht selten schlicht Erfindungen zutage, mit denen wir uns dann zufriedengeben.

Chirurgisch lassen sich aus einem Geist leicht zwei machen – wenn die „Balken" genannten Nervenfaserbündel zwischen den Gehirnhälften durchtrennt werden. Bei solchen „Split-Brain"-Patienten sitzen sozusagen zwei Personen in einem Schädel: Die eine kann grinsen, weil ihr ein obszönes Bild gezeigt wurde; die andere merkt, daß gelacht wird, und bildet sich in bestem Glauben einen völlig anderen, in diesem Augenblick frei erfundenen Grund dafür ein (siehe Grafik Seite 168).

Jedoch kann auch die unter normalen Umständen von uns empfundene „Einheit" des Bewußtseins Kopfzerbrechen bereiten. Sie verleitet uns dazu, nach Descartesscher Manier eine Art Männlein im Kopf namens „Ich" anzunehmen, das unsere Wahrnehmungen zusammenbringt und unser Handeln steuert Dieser Gedanke führt jedoch, konsequent durchdacht, zu einem „infiniten Regreß": Im „Ich" mußte ein weiteres „Ich" sitzen und in allen fol



»Flug der Seele« von Lou

Auf welche Weise wirkt umgekehrt de Körper auf di Psyche?

...ber das Seelenleben herablassend als »Alltagstheorie«

genden ebenfalls – eine äußerst unbefriedigende Vorstellung.

Dieses spezielle Problem vermeiden die „Konnektionisten" genannten Reformer der Hirnforschung, indem sie unserem Denkorgan zubilligen, seine Vereinheitlichungsleistungen ohne zentralen Prozessor, nur mit „verteilten Repräsentationen" zu bewerkstelligen (siehe Seite 120). Aber welche Rolle das Bewußtsein dabei spielt, ist auch ihnen rätselhaft.

Vielleicht gibt es ja gar keine Lösung. Denn das Bewußtsein scheint nicht nur dann überflüssig zu sein, wenn wir Geistestätigkeit als „Informationsverarbeitung" oder als Ergebnis neuronaler Prozesse definieren. Auch die Alltagstheorien, mit deren Hilfe wir anderen Lebewesen „Wünsche", „Wahrnehmungen" oder „Urteile" zuschreiben, funktionieren ganz unabhängig davon, ob diese Wünsche, Wahrnehmungen oder Urteile bewußt sind oder nicht: Zwar läßt sich das Verhalten von Tieren oft plausibel erklären, wenn wir ihnen Absichten, trickreiche Überlegungen oder Ideen zubilligen; ob aber diese mentalen Prozesse von den Kreaturen auch bewußt erlebt werden oder nicht, ist dabei völlig unerheblich.

Fast scheint es, als „kürze" sich das Bewußtsein bei jeder denkbaren wissenschaftlichen Erklärung des psychischen Lebens heraus. Dies wäre nach jahrhundertelangem Nachdenken über das Problem, das uns so entscheidend für unser Dasein dünkt, ein fatales Ergebnis. Die meisten betroffenen Wissenschaftler vertreten mit gewisser Resignation einen pragmatischen „Monismus" (siehe Kasten Seite 146): Sie leugnen das Bewußtsein nicht und nehmen ungeachtet der beschriebenen Schwierigkeiten an, daß unser Geist inklusive unserer inneren Erlebnisse auf irgendeine noch völlig unverstandene Weise mit unseren Gehirnprozessen „identisch" sein musse. So entwarf der Bremer Neurobiologe Hans Flohr kürzlich eine Theorie, derzufolge Bewußtseinsvorgänge an die Aktivität großer Zellverbände in der Hirnrinde gekoppelt sind.

„Identisch": Auch im suggestiven Ungefähr dieses Wortes lauern gefährliche Klippen. Viele mentale Vorgänge und Zustände sind im wesentlichen „intentional" – sie beziehen sich auf etwas, was sie nicht selbst sind. Wir wünschen „etwas", stellen uns „etwas" vor, bewundern „etwas".

Bewußtsein bedeutet Beziehung. Wer unseren Geist letztlich als „identisch" mit Hirnprozessen verstehen möchte, der darf diese Prozesse nicht isoliert betrachten, sondern muß auch deren Bedeutung berucksichtigen. So gesehen teilt das Gehirn mit dem Bewußtsein wenigstens eine wesentliche Eigenschaft: Es ist – als „intentionale Maschine" – nicht ausschließlich als Gegenstand der Physik zu begreifen.

Franz Mechsner ist auch Autor der Berichte über „Entwicklung" und „Konnektionismus" in diesem Heft.

Das sympathische Talent

Wir brauchen einander. So scheint die nonverbale Botschaft zu lauten, die sich diese mit dem Aids-Virus infizierten Menschen und ihre Betreuerin mitteilen wollen. Aufeinander zugehen, Temperament, Absicht und Motiv des anderen erkennen, dessen Leid und dessen Freude mitfühlen, das sind grundlegende menschliche Fähigkeiten, die Wissenschaftler als »soziale Intelligenz« umschreiben – eine Qualität des Geistes, die in der modernen Psychologie zusehends Beachtung findet

SOZIALE INTELLIGENZ

VON DAGMAR NETZER

Trockentraining für Polizisten: In der Behörde sind Akten verschwunden. Der Antragsteller droht mit Beschwerde. Der Vorgesetzte ist wütend. Wie geht der Beamte mit dem Frust um? Wie beruhigt er am geschicktesten seinen „Kunden"? Wie verhindert er den drohenden Konflikt mit dem Chef?

Die ehemaligen Volkspolizisten, die nach der Wende noch einmal die Schulbank drücken müssen, sind eher ratlos angesichts dieses Kommunikations-Crash-Programms, zu dem sie abkommandiert wurden. Der Ausbildungsleiter für den Verwaltungsbereich der Polizei Berlin, Rainer Gerlach, beschreibt seinen ersten Eindruck von den Ost-Kollegen: „Es fehlt ihnen an Aufgeschlossenheit. Sie sind viel zu distanziert und oft auch unsicher."

Diese Defizite der „Vopos" sollen nun aufgearbeitet werden. Auf dem Stundenplan steht „Verhaltenstraining". Lernziel: Freund und Helfer. Der Diplompsychologe Jürgen Hesse hat die Aufgabe, den eher als rüde geltenden Ex-DDR-Beamten neue Spielregeln für den Umgang mit dem Bürger näherzubringen. Der Kommunikationsexperte kann freilich nur ein paar Tricks vermitteln und mit den Polizisten den Streitfall durchspielen. Sein Rat: die Situation ruhig analysieren; den anderen ausreden lassen, ohne gleich Position zu beziehen; gelassen reagieren. Im Training sieht das alles recht einfach aus. Um praktische Erfahrungen zu sammeln, empfiehlt Hesse den Kursteilnehmern, die für sie neuartige Taktik so oft wie möglich unter Ernstfall-Bedingungen zu üben – etwa beim nächsten Familienkrach.

Von „Geduld" und „Erarbeiten" spricht der Psychologe und von „Sozialkompetenz, die man nicht von heute auf morgen lernt". Zudem gebe es Menschen, die leider wenig Talent für den geschickten Umgang mit anderen hatten, denen die Begabung fehle, Wünsche und Absichten anderer zu erkennen, denen Diplomatie völlig abgehe und die sich eher wie Elefanten im Porzellanladen gebärdeten.

Begabung? Talent? Für den amerikanischen Psychologen Howard Gardner von der Harvard University verbirgt sich hinter dem, was sein Berliner Kollege Sozialkompetenz nennt, eine Form von Intelligenz. Mehr noch: „Wir können uns", behauptet er, „das Wissen vom eigenen und fremden Selbst als eine umfassendere Intelligenz auf einer höheren Ebene vorstellen, welche die anderen Intelligenzformen letztlich kontrolliert."

Gardner unterscheidet die intrapersonale Intelligenz – das Wissen über die eigene Person – von der interpersonalen Intelligenz, mit der wir die Wünsche, Gefühle und Motive anderer erkennen und darauf reagieren. Gemeinsam bilden sie die personale (oder soziale) Intelligenz.

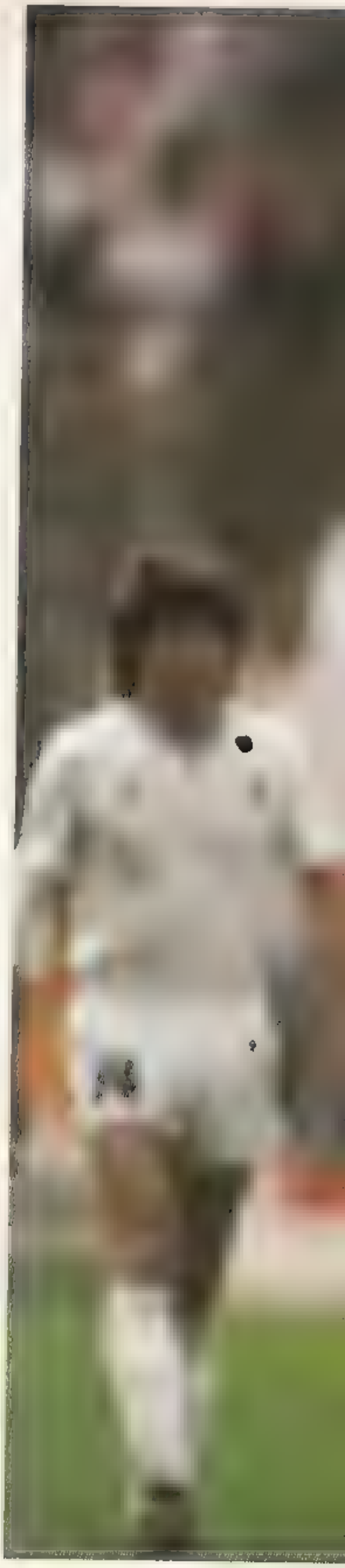
Konservative Kognitionsforscher wollen diesem Ansatz allerdings noch nicht so recht folgen. Zwischen, neben oder gar über den logisch-mathematisch, sprachlich oder räumlich ausgerichteten – und mit Hilfe von Tests scheinbar meßbaren – Intelligenzformen war bisher für die meisten Wissenschaftler kein Platz für intellektuell-soziale Fähigkeiten. „Im Unterschied zu den anderen Intelligenzformen ist das Erscheinungsbild der personalen Intelligenz weniger scharf", erklärt Gardner die Abneigung seiner Kollegen. „Erstens, weil sie stark kulturbedingt ist, und zweitens, weil es eben keine standardisierten Tests gibt, mit denen man sie messen könnte."

Das Vermögen, mit anderen in Verbindung zu treten

Doch darin sehen Gardner und ähnlich denkende Wissenschaftler freilich keinen Grund, soziale Intelligenz als Forschungsgegenstand zu ignorieren. Trotz aller Skepsis findet sie in der modernen Psychologie und den Sozialwissenschaften zusehends Beachtung: Neue Forschungsergebnisse untermauern die Hypothese, daß diese Art von Intelligenz eine grundlegende Fähigkeit des Menschen ist:

● Hirnforscher entdeckten bei der Untersuchung von Unfallopfern Hinweise darauf, daß soziale Intelligenz in bestimmten Regionen des Gehirns angesiedelt ist. Wer etwa im vorderen Kopfbereich, an den Stirnlappen der Hirnrinde, verletzt wurde, kann zwar oft noch normale Werte in den Standard-Intelligenztests erreichen, erleidet aber eine Veränderung seiner Persönlichkeit. Das Gefühl für die eigene Person und das soziale Verhalten werden schwer beeinträchtigt. Manche Patienten sind plötzlich reizbar, euphorisch oder überaktiv. Andere werden oberflächlich, interesselos und apathisch. Die Alzheimer-Krankheit – ein Leiden, das vor allem die mittleren Hirnregionen in Mitleidenschaft zieht – läßt die rechnerische und sprachliche Fähigkeit der Patienten bereits in einem relativ frühen Stadium zusammenbrechen, das soziale Verhalten indes bleibt zunächst unverändert.

● Entwicklungspsychologen sehen die biologischen Wurzeln des Phänomens „soziale Intelligenz" in dem Vermögen, mit anderen in Verbindung treten zu können. Schon von Geburt an existiert ein nonverbaler Code zwischenmenschlicher Kommunikation, den zum Teil selbst



Regel Nummer 1: Den anderen ausreden lassen

Autoritäre Problemlösungen wie auf dem Fußballplatz sind im modernen Management, das sich der neuen Erkenntnisse über soziale Intelligenz bedient, nicht mehr gefragt. Selbst wenn es heiß hergeht, reagiert ein sozial kompetenter Mensch mit einfühlsamer Gelassenheit

taubblind geborene Kinder beherrschen. Menschen aller Kulturen bedienen sich offenbar der gleichen mimischen Ausdrucksmuster, sie können mehr als 7000 unterschiedliche Gesichter schneiden. Im Urwald Neuguineas wie im Asphalt-Dschungel New Yorks gilt Lächeln als Signal der Freude, Nase rümpfen als Zeichen des Ekels und Hochziehen der Augenbrauen als Merkmal des Erstaunens. Auch komplexeres kommunikatives Verhalten, etwa Flirten, gleicht sich in vielen Kulturen, wie der Verhaltensforscher Irenäus Eibl-Eibesfeld bereits 1970 beschrieb: Blickkontakt, Lidschluß, Wegsehen.

Ein weiterer Indikator für soziale Intelligenz ist die Körpersprache. Sie erweitert das Repertoire der Verständigungsmöglichkeiten fast unendlich. Während eines nur halbstündigen Gesprächs registrierte der Duisburger Psychologe Siegfried Frey etwa 400 000 Verhaltensdaten. Je besser ein Mensch diese erkennt, um so adäquater reagiert er auf sein Gegenüber.

● Kognitionspsychologen sind der Überzeugung, daß Stärke und Ausprägung der sozialen Intelligenz mit zwei grundlegenden Persönlichkeitseigenschaften zusammenhängen. Diese „kognitiven Stile", Feldabhängigkeit und Feldunabhängigkeit genannt, beeinflussen unsere Wahrnehmung und damit auch unsere Reaktionen auf andere Menschen

So entwickeln Feldabhängige die Tendenz, äußere Kriterien stärker zu berücksichtigen als innere. Sie können sich besser in Gruppen einordnen, finden leichter Zugang zu anderen, suchen Übereinstimmung und achten besser auf soziale Hinweise. Sie sind meist umgänglich, gesellig und hilfsbereit. Feldunabhängige dagegen richten sich mehr nach ihrer „inneren Stimme" und lösen Probleme eher durch zurückgezogenes Nachdenken. Sie analysieren eine Situation möglicherweise brillant, sind aber häufig schlechte Gesellschafter.

Soziale Intelligenz prägt sich in vier Grundtypen aus

Der amerikanische Psychologe Tom Hatch, ein Mitarbeiter Howard Gardners, macht bei Menschen mit hoher sozialer Intelligenz vier Typen aus: Unter den extrem Feldabhängigen sind häufig charismatische Führerpersönlichkeiten zu finden – wie etwa der amerikanische Ex-Präsident Ronald Reagan. „Er ist als Person ungeheuer beliebt", kommentiert Hatch, „aber er scheint wenig soziales Verständnis zu haben – wie man an seiner unzulänglichen Sozialpolitik gesehen hat."

Ganz im Gegensatz zu dem amerikanischen Regisseur Woody Allen – einem offensichtlich äußerst feldunabhangigen Menschen, der allerdings auf seine Art eine hohe soziale Intelligenz entwickelt hat. „Ein hervorragender Analysierer gesellschaftlicher Zusammenhänge – wie man in seinen Filmen sieht", charakterisiert ihn der Harvard-Psychologe. „Aber im persönlichen Umgang, Berichten zufolge, eine Katastrophe – neurotisch und gehemmt." Neben die Führer und Analysierer stellt Hatch die kompromißbereiten und ausgleichenden Mediatoren – die typischen Diplomaten – sowie die freundlichen Helfer wie etwa Mutter Teresa.

Bereits bei Kindergartenkindern haben Tom Hatch und seine Kollegen diese vier Grundtypen der sozialen Intelligenz beobachtet. Daß ein solches Talent häufig ein Leben lang stabil bleibt, wenn es mit Erfolg eingesetzt werden kann, belegen Langzeitstudien über das Gruppenverhalten von Kindern. „Wer als Kind ein beliebter Klassensprecher war", sagt Hatch, „andere gut trösten kann oder wessen soziale Strategien sonst auf irgendeine Weise belohnt werden, hat eine gute Chance, diese Begabungen auch als Erwachsener beizubehalten."

Im Spiel werden Talente und Defizite erkannt

Doch ebensowenig wie Eltern einen Linkshänder auf „rechts" trimmen sollten, wäre es falsch, aus einem warmherzigen „Helfer" einen ausgebufften Verkäufer machen zu wollen oder einen erwiesenen „Führer" in einen Kibbuz zu schicken. Die Zukunftsvision der Harvard-Psychologen lautet deshalb: Lehrer sollen lernen, die sozialen Fähigkeiten ihrer Schüler mit entsprechendem Förderunterricht in die richtigen Bahnen zu lenken. „Schwächen im Sozialverhalten können ausgeglichen werden", sagt Hatch. „Wichtig ist, daß man erst einmal erkennt, wo die Talente und Defizite liegen." Und dazu lassen Psychologen Menschen miteinander spielen.

Nach diesem Prinzip testen mittlerweile auch einige Industrieunternehmen die soziale Intelligenz ihrer Mitarbeiter: Sie schicken ihre Job-Anwärter – mangels besserer Verfahren – auf die Probebühne. In meist zweitägigen „Assessment-Centers" müssen die Bewerber etwa als „Chef" oder „Mitarbeiter" um Dienstwagen feilschen, Streit zwischen zwei Arbeitsgruppen schlichten, unter Zeitdruck eine Reise organisieren oder auch gemeinsam einen Pappturm bauen. Mehrere Beobachter bewerten das Verhalten nach Kriterien wie Sensibilität, Kontaktfähigkeit, Führungsstil, Selbstkontrolle und Durchsetzungsvermögen.

Entwickelt wurde eine Vorform dieser Methode bereits im Ersten Weltkrieg. Sie diente damals als „Heerespsychotech-

Regel Nummer

...f die Ausstrahlung kommt es an

Führungspersönlichkeiten zeichnen sich häufig durch hohe soziale Intelligenz aus. Auch die Fähigkeit, Massen zu motivieren, gehört zu ihrem Repertoire. So konnte US-Präsident George Bush während des Golf-Kriegs die amerikanischen Soldaten anfeuern und mit dieser martialischen Geste zugleich beim heimischen Medienpublikum eine für ihn zuvor unerreichte Popularität gewinnen

nik" zur Auswahl von Flugzeugführern und Funkern für das Militär. 1958 testete die amerikanische Telefongesellschaft AT&T als erstes ziviles Unternehmen ihre Verkaufsleiter in einem Assessment Center. Obwohl dieses Verfahren umstritten ist – unter anderem weil geschickte Bewerber mehr Teamgeist vorspielen können, als sie tatsächlich haben –, erobert die „soziale Zirkusmanege" auch in Deutschland die Personalabteilungen.

Nicht nur Berliner Polizisten nehmen mittlerweile Nachhilfestunden in Kommunikation und Sozialkompetenz, sondern auch leitende Angestellte. Immerhin verbringen Manager bis zu 90 Prozent ihrer Zeit mit anderen Menschen mit Kommunikation.

Mit gruppenfähigen Arbeitern zu höherem Profit

Viele Unternehmen haben erkannt, daß kompetente Führungskräfte nicht nur gute Examensnoten mitbringen müssen, denn wissenschaftliche Untersuchungen bestätigen das Vorurteil vom Fachidioten. Der amerikanische Psychologe Norman Frederiksen etwa beobachtete Medizinstudenten bei Gesprächen mit einer vorgeblich krebskranken Patientin. Die Studenten mit dem größten Fachwissen waren die „sozial unintelligentesten", sie zeigten am wenigsten Einfühlungsvermögen

Teamgeist lautet zunehmend die Devise. Zum Beispiel beim Automobilkonzern Opel in Eisenach. Dort kommt kein Mechaniker ohne soziale Kompetenz an die Werkbank. Die Firma, die in Thüringen ein völlig neues Produktionswerk baut, hat ihr neuartiges Konzept in Japan abgeschaut: Statt am Fließband wird in kleinen Gruppen gewerkelt. Gibt es Probleme bei der Automontage, diskutieren die Arbeiter gleich darüber – in Gemeinschaftsräumen unmittelbar neben der Werkbank. Transparenz ist Trumpf, der Betriebsrat ist bei allen Manager-Meetings dabei

Nicht lediglich 16 Autos pro Kopf und Jahr – wie im alten Russelsheimer Werk –, sondern 75 Wagen sollen die Eisenacher schaffen. Damit das ehrgeizige Unterfangen funktioniert, filtert ein „Team für psychologisches Management" geeignete Bewerber heraus – besonders „gruppenfähige" Mitarbeiter.

Ähnlich geht die Lufthansa in Frankfurt vor: Zukünftige Stewardessen und Stewards müssen sich nicht mehr auf die Waage stellen. Statt dessen konstruieren sie zum Beispiel „Flugmaschinen" aus Papier und Pappe, mit denen rohe Eier transportiert werden. Neben ihrem gepflegten Äußeren haben sie in Einzelgesprächen und Gruppendiskussionen auch

Regel Numm

...er helfen will, muß zuhören können

Pfarrer, Lehrer, Ärzte oder andere im sozialen Umfeld tätige Profis gehen dann, wenn es auf feine Zwischentöne ankommt, nicht unbedingt »besser« mit anderen um. Denn Fachwissen allein macht noch keinen sozial intelligenten Menschen

unter Beweis zu stellen, ob sie ängstliche Passagiere beruhigen können und mit den Kollegen im engen Flugzeug zurechtkommen. Wer dabei hohe Sozialkompetenz zeigt – und fließend Englisch spricht –, hat die Stelle fast schon sicher.

„Wir haben", sagt Christina Fladda, Leiterin der Flugbegleiterauswahl, „unsere Passagiere befragt und festgestellt, daß sie keine Modepüppchen wollen, sondern kompetentes, hilfsbereites, freundliches und aufmerksames Personal." In dieser Hinsicht hatte das deutsche Unternehmen bisher nicht den besten Ruf. Die Stewardessen galten zwar als korrekt, aber manchmal auch als arrogant. So wurde das Auswahlverfahren erweitert, weil „im Konkurrenzkampf der Airlines", so Fladda, „die Kundenorientierung immer entscheidender wird".

Im Flugzeug-Cockpit sind Machos nicht gefragt

Noch wichtiger ist dem Unternehmen die soziale Intelligenz der angehenden Piloten. Seit den sechziger Jahren erwiesen sich rund Dreiviertel aller Flugzeugkatastrophen als Folge menschlichen Versagens, vor allem von Mißverständnissen innerhalb der Cockpit-Crew. Die Lufthansa zog die Konsequenz und schickt ihre Flugschüler zu psychologischen Trainingskursen – um die „Crew-Coordination" zu optimieren. Nur wer das sechstägige „Leadership Competence Training" in Bremen absolviert, sich als durchsetzungsfähig, aber nicht oberschlau, als sensibel, aber nicht zu weich gezeigt hat, darf ins Cockpit. Weder der sich selbst überschätzende Macho, noch der leicht zu verunsichernde, allzu zurückhaltende Co-Pilot ist gefragt. Der perfekte Pilot soll sich selbstkritisch einschätzen und mit anderen zusammenarbeiten können

Soziale Intelligenz kann demnach bis zu einem gewissen Grad erlernt werden. Aber gibt es auch Naturtalente, sozusagen Psycho-Profis, denen ihre zwischenmenschlichen Fähigkeiten in die Wiege gelegt wurden? Frauen etwa gelten allgemein als die einfühlsameren, sanfteren, taktvolleren und emotionaleren Menschen – ein Vorurteil, das von neueren Studien nicht bestätigt werden konnte.

Der Münchner Psychologe Johannes Brengelmann testete bei mehreren hundert Probanden, wie „typisch männliche" und „typisch weibliche" Charaktereigenschaften mit den Fertigkeiten zusammenhängen, die für den kompetenten Umgang mit anderen Menschen erforderlich sind. Sein Ergebnis: „Keines der beiden Geschlechter hat einen signifikanten Vorteil vor dem anderen." Die größte Sozialkompetenz fand er bei androgynen Typen beiderlei Geschlechts, die sowohl „maskuline", als auch „feminine" Charakterzüge besitzen.

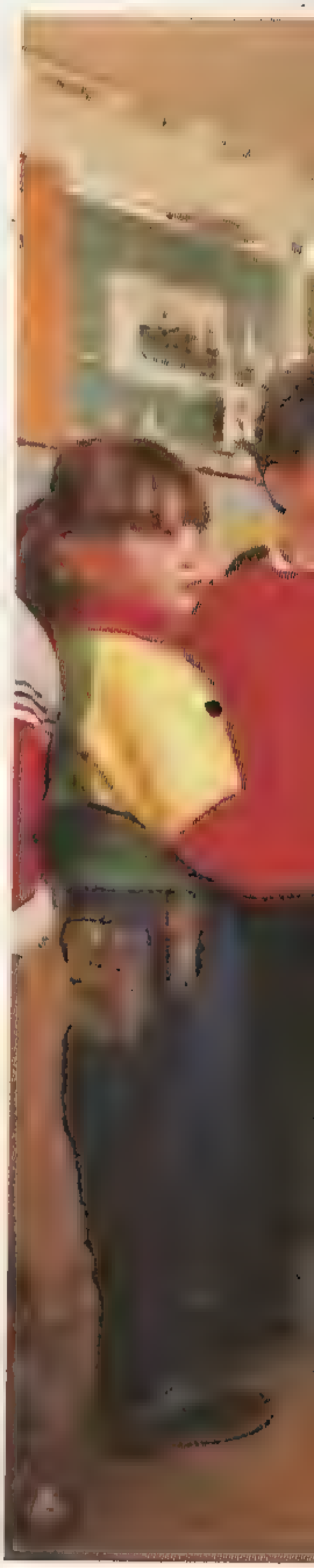
In die gleiche Richtung weisen Ergebnisse seiner amerikanischen Kollegin Alice Eagly, die zahlreiche Studien über den Führungsstil von Männern und Frauen zusammengefaßt und neu ausgewertet hat. Danach beruht der sanfte „weibliche Führungsstil", der in mehreren Studien festgestellt worden war, eher auf Fehlinterpretationen. Die Forscher hatten keine Managerinnen in Unternehmen untersucht, so Eagly, sondern nur in psychologischen Laboratorien experimentiert. Die tatsächlich im Beruf stehenden Chefinnen zeigten jedoch die gleiche Sach- und Sozial-Orientierung wie ihre männlichen Kollegen.

Weitab vom Forschungsgeschehen bestätigen die Mitarbeiter der Berliner Telefonseelsorge diese Ergebnisse: In ihrem Metier weisen weder Frauen noch Männer einen Vorsprung in sozialer Kompetenz auf. Die Fähigkeit, sensibel und intelligent auf Menschen in Not einzugehen, ist offenbar gleichmäßig auf beide Geschlechter verteilt. Und eine weitere Erfahrung haben die Telefonseelsorger gemacht, die selbst ein aufwendiges 18monatiges Training absolviert haben: Die „Profis" in helfenden oder pädagogischen Berufen wie Ärzte und Ärztinnen, Krankenschwestern und -pfleger, Sozialarbeiter, Lehrerinnen, Psychologen oder Pfarrerinnen zeichnen sich im allgemeinen nicht durch erhöhte soziale Intelligenz aus

Trotz ihres Engagements werden die vermeintlichen Fachleute oft gar nicht erst in das Ausbildungsprogramm der Krisenhelfer aufgenommen, weil sie bereits im Bewerbungsgespräch wenig Einfühlungsvermögen zeigen und kein Ohr für die Zwischentöne haben, die manchmal über Leben und Tod entscheiden. Wer helfen will, muß zuhören können.

Die Generation, die mit dem Ideal Leistung aufgewachsen ist, habe es besonders schwer, diese Fertigkeit zu erlernen, meinen die Mitarbeiter der Berliner Telefonseelsorge. Werden Menschen nicht immer noch für intelligenter gehalten, wenn sie sich zynisch und kritisch äußern, als wenn sie Wärme und Verständnis für andere zeigen? Kann die Philosophie der Konkurrenz als Motor für Leistung und Fortschritt nicht auch kreative Problemlösungen verhindern? In allen Lebensbereichen sei Kooperation das erfolgreichere – und gesündere – Prinzip, betonen die Berliner. Ihre Meinung wird auch von eher pragmatischen Soziobiologen geteilt. Deren Credo: „Der wahre Egoist kooperiert." □

Die Wissenschaftsjournalistin **Dagmar Metzger**, 30, ist Psychologin und lebt in Berlin.



...gel Nummer 4: Im Team Talente reifen lassen

Schon bei Kindern beobachten Psychologen unterschiedliche Ausprägungen sozialer Intelligenz. Ihr Plädoyer: Diese Begabung sollte schon früh gefördert werden, denn die kommende Generation wird Problemen gegenüberstehen, die nur durch kreative Zusammenarbeit gelöst werden können

A-Z

Kursiv gedruckte Wörter sind Querverweise auf andere Stichwörter des Glossars

Fatale Fehler können Fluglotsen nur durch Aufmerksamkeit vermeiden

Aufmerksamkeit

ist eine elementare Voraussetzung für intelligentes Verhalten. Denn um Information wahrzunehmen, müssen Lebewesen diese in der Regel aus einem Überangebot herausfiltern. Beispiel Cocktailparty: Trotz Stimmengewirr, Lachen, Gläserklirren und Musik im Hintergrund können wir unsere Aufmerksamkeit bewußt einem Gesprächspartner zuwenden. Doch es gibt auch eine unbewußte, „automatische" Aufmerksamkeit, die es uns etwa beim Autofahren erlaubt, mit dem Beifahrer zu plaudern und nebenbei auf den Verkehr zu achten.

Psychologen streiten darüber, ob es möglich ist, die bewußte Aufmerksamkeit zu teilen. Fest steht etwa, daß die meisten Menschen langsamer lesen, wenn sie gleichzeitig Nachrichten hören – weil ihre Aufmerksamkeit vermutlich hin und her schaltet. Allerdings zeigen Experimente, daß Versuchspersonen nach intensivem Training gleichzeitig ein Diktat aufnehmen und einen Text lesen können, ohne dabei langsamer zu werden.

Seit Anfang der neunziger Jahre glauben US-Forscher Hinweise darauf gefunden zu haben, daß eine Region im Thalamus, tief im Zentrum des Hirns, als wichtigster „Aufmerksamkeitsfilter" beim Sehen fungiert.

Ausfälle

Wenn im Gehirn durch Verletzung, Tumor oder Schlaganfall Nervengewebe zerstört wird, können die Patienten spezifische Fähigkeiten verlieren. Aus dem Ort der Verletzung und der Art des Ausfalls schließen Forscher auf die Verteilung der Aufgaben im gesunden Gehirn (siehe Seite 28).

Einige Beispiele. Bei der „Amnesie" verliert der Betroffene einen mehr oder minder großen Teil seines Gedächtnisses – in Literatur und Film oft Basis spannender Krimis. Bei einer „Aphasie" geht die Fähigkeit zu sprechen ganz oder teilweise verloren, bei der „Agraphie" die zu schreiben, bei einer zusätzlichen „Alexie" auch die zu lesen. „Agnosie" heißt die Unfähigkeit, Reize aus den Sinnesorganen korrekt zu interpretieren; so kann ein „Prosopagnosie"-Patient keine bekannten Gesichter erkennen, oft nicht einmal die der Eltern oder Lebenspartner. Hirngeschädigte mit einer „Apraxie" bringen sinnvolle Bewegungen nicht zustande, wenn sie dazu aufgefordert werden: Sie können sich etwa nur dann die Haare kämmen, wenn sie niemand darum bittet. Beim „Hemineglekt" vergißt der Patient eine Seite, rasiert sich etwa nur links. Und beim *Blindsight*-Phänomen fällt das Sehvermögen auf spezifische Weise aus.

Behaviorismus

„Gebt mir ein Dutzend gesunder Kinder und ich garantiere, ich mache aus ihnen jeden Typ von Spezialist – Doktor, Rechtsanwalt, Künstler." Das berühmte Zitat des amerikanischen Psychologen John Watson ist zum Credo der Behavioristen geworden. Sie behaupteten, weder *Emotionen* noch Gedanken oder Gene, sondern allein die Umwelt steuere das Verhalten (am. engl. behavior) von Mensch und Tier. Als Modell galt ihnen der Pawlowsche Hund, der eine Weile lang beim Futtern eine Glocke hörte und später schon beim Klingeln Speichel absonderte.

Mit der Betonung meßbarer Reize und Reaktionen machten die Behavioristen die Psychologie zu einer Naturwissenschaft. Doch nachdem diese Lehre in der ersten Hälfte des Jahrhunderts vor allem die anglo-amerikanische Psychologie dominiert hatte, verlor sie gerade durch das Ausklammern von Bewußtsein und Gefühlen ihren Einfluß.

Blindsight

(engl. für „blindes Sehen") ist die Bezeichnung für einen Ausfall der bewußten Sehfähigkeit. Wenn zwar das Auge intakt, das Sehzentrum an der Großhirnrinde aber beschädigt ist, können offenbar manche dieser Patienten sehen, ohne davon zu wissen. Bei Tests erraten sie Gegenstände, Bewegungen und Farben in den gestörten Bereichen des Gesichtsfeldes meist richtig.

Dieses Phänomen könnte darauf beruhen, daß die Netzhaut nicht nur mit der Sehrinde, sondern über neun weitere Nervenbahnen mit anderen Gehirnteilen verbunden ist. Vermutlich verarbeiten auch diese Regionen visuelle Reize – das Bewußtsein jedoch hat keinen Zugriff auf deren Ergebnisse. Einige Forscher werten Blindsight als neurologischen Beleg für die Existenz des *Unterbewußtseins*.

Brabbeln

Wenn Babys alle möglichen drolligen Laute von sich geben, ist das kein sinnloser Zeitvertreib. Vielmehr handelt es sich um eine unbewußt angewandte – spielerische und dennoch höchst effi-

Unbewußte Lernhilfe für den Säugling: Mamis »Baby-Sprache«

ziente Strategie, mit der Kleinkinder die im Elternhaus gesprochene Sprache aktiv lernen. Sechs Monate alte Säuglinge produzieren beim Brabbeln weit mehr unterschiedliche Laute als Erwachsene. Und sie haben ein offensichtlich angeborenes, stark ausgeprägtes Bedürfnis zur Kommunikation vor allem mit ihrer wichtigsten Bezugsperson, gewöhnlich der Mutter.

Die Verständigung läuft nach einem offenbar universalen Muster ab, wie neue Beobachtungen belegen: Amerikanische, europäische und japanische Mütter betonen, wenn sie ihren Säuglingen in einer vereinfachenden „Baby-Sprache" antworten, unbewußt mit einem typisch hochgezogenen Ton eben jenes Wort, das in der jeweiligen Situation gerade wichtig ist – statt „Ball" etwa „Ba-ball".

Schon im Alter von einem Jahr hat sich das spielerisch-unverständliche Brabbeln zu verständlicher Elementen der „Muttersprache" stabilisiert. Auch taubstumme Babys „brabbeln" – mit ihren Händchen, und zwar auch dann, wenn sie niemand zum Erlernen einer Gebärdensprache auffordert. Wissenschaftler werten dies als starker Hinweis darauf, daß Menschen mit einer angeborenen abstrakten Sprachstruktur ausgestattet sind.

Brainstorming

Seit 1938 gilt Brainstorming als eine der besten Techniken des kreativen Denkens. Erklärtes

Ziel ist, daß die Mitglieder einer Gruppe möglichst viele Vorschläge äußern – sogar abstruse. Das oberste Gebot lautet: keine Kritik. Trotzdem kann sich oft mancher nicht von der Angst befreien, daß sein Vorschlag als albern gilt. Außerdem arbeiten Menschen im Team nicht so hart wie einzelne und haben daher auch weniger Einfälle. Kanadische Forscher haben deshalb ein verbessertes, elektronisches Brainstorming entwickelt und getestet: Das Team sitzt zur selben Zeit, aber getrennt vor dem Computer; jeder tippt seine Vorschläge ein, und die Ideen erscheinen anonym auf allen Bildschirmen. Die Schere im Kopf bleibt dann zugeklappt.

Déjà-vu

Es ist ein seltsames Erlebnis, kurz und verwirrend: Plötzlich erscheint eine neue Situation vertraut, eine fremde Landschaft bekannt. Manche Menschen deuten solche Déjà-vu-Erlebnisse (franz. für „bereits gesehen") als Erinnerung an ein früheres Leben. Forscher haben indes über 45 sachliche Erklärungen gefunden, aber noch keine bewiesen. Zum Beispiel:

- Spontane elektrische Entladungen im Gehirn aktivieren lang zurückliegende Erinnerungen. Denn: Bei Epileptikern ist Déjà-vu besonders häufig.
- Das *Unterbewußtsein* spendet Trost – nach dem Motto: „Beruhige dich, du hast das schon einmal ausgestanden, du schaffst es auch diesmal." Denn: Déjà-vu tritt oft in Streßsituationen auf.
- Erinnerungen werden wegen einer groben Ähnlichkeit mit dem neuen Erlebnis verknüpft. Doch die alte Information läßt sich nicht so weit zurückverfolgen, daß auch die Unterschiede zwischen damals und jetzt erkannt werden.
- Der Informationsaustausch zwischen den Hirnhälften verzögert sich für den Bruchteil einer Sekunde. Jede Hemisphäre macht sich ihren eigenen Reim auf die Sinneseindrücke, und wenn die Verbindung wiederhergestellt ist, erscheint die Situation als bekannt.

Emotionen

Kaum ein Thema wird unter Psychologen kontroverser diskutiert. Bisher konnten sich Forscher nur auf zwei allgemeine Kriterien einigen. Erstens, Emotionen zeigen die „leib-seelische Zuständlichkeit einer Person" an – salopp gesagt, was den Menschen bewegt. Zweitens, Emotionen sind aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt: subjektives Erleben, neurophysiologische Erregung, kognitive Bewertung und die Mitteilung an andere Personen, etwa durch Mimik.

Psychologen unterscheiden Gefühle und Stimmungen. Gefühle überdauern Situationen und sind zeitlich nicht begrenzt. Sie können nebeneinander vorkommen, wie etwa Liebe zur eigenen Familie und Haß auf politisch Andersdenkende. Im Gegensatz dazu beziehen sich Stimmungen, wie Heiterkeit, Ängstlichkeit oder Niedergeschlagenheit nicht auf Personen oder Dinge. Sie prägen den diffusen, atmosphärischen „Hintergrund".

Empathie

ist die Fähigkeit, sich in andere einzufühlen. Die Voraussetzungen dafür sind offenbar das Wissen um die eigenen Gefühle sowie das Bewußtsein von sich selbst. Empathisch reagieren nur Lebewesen, die sich im Spiegel erkennen: außer dem Menschen nur noch Schimpansen, vielleicht auch andere Menschenaffen. Manche Kinder entwickeln diese Fähigkeit schon mit anderthalb Jahren. Sie müssen zuvor – der Züricher Psychologin Doris Bischof-Köhler zufolge – verstanden haben, daß sie selbst und ihr Gegenüber gleichartige Lebewesen sind; dafür wiederum brauchen sie eine Vorstellung vom eigenen Äußeren.

External Memory

Der Mensch besitzt ein inneres Gedächtnis – und ein externes, unendlich viel größeres, das seiner Kultur entspringt. Dieses beruht auf unserer Fähigkeit, Informationen symbolisiert in Form von Sprache an andere Menschen weiterzugeben, sowie auf der Erfindung von Speichermedien – von Keilschrifttäfelchen bis zur computerlesbaren Bildplatte. Dank des externen Gedächtnisses kann der Mensch beliebige Informationsmengen speichern: Allein im größten Pressearchiv Europas, der Gruner + Jahr-Textdokumentation in Hamburg, sind fast acht Millionen Seiten Text erfaßt. Homo sapiens ist als einziges Lebewesen in der Lage, erworbene Fähigkeiten ohne direkten Kontakt an andere Individuen weiterzugeben.

Fuzzy-Logik

Die Verfechter der „unscharfen Logik" wollen Computern abgewöhnen, Entscheidungen nach dem Motto „ganz oder gar nicht" zu fällen. Dabei werden zwei Prinzipien der formalen Logik aufgeweicht: Erstens lernen die Rechner, nicht nur die Werte 1 für „wahr" und 0 für „falsch" zu akzeptieren, sondern auch Zwischenwerte, etwa 0,8 für „wahrscheinlich wahr". Zweitens fassen sie Verknüpfungen wie ein logisches „und" nicht mehr so strikt auf.

Damit lassen sich auch Kommandos formulieren wie: „Ist der Druck im Kessel ein wenig zu hoch und die Temperatur ein wenig zu niedrig, dann verändere das Überdruck-Ventil nicht." Ein herkömmlicher Computer hätte das Ventil vielleicht schon beim kleinsten Überdruck stur geöffnet. Ein Fuzzy-Logik-Computer läßt sich leichter auf solche im Alltag ständig nötigen Abwägungen programmieren. Seinem unscharfen Regelsatz folgt er allerdings genauso stur wie ein traditioneller Rechner: Lernfähig oder gar intelligent ist er nicht.

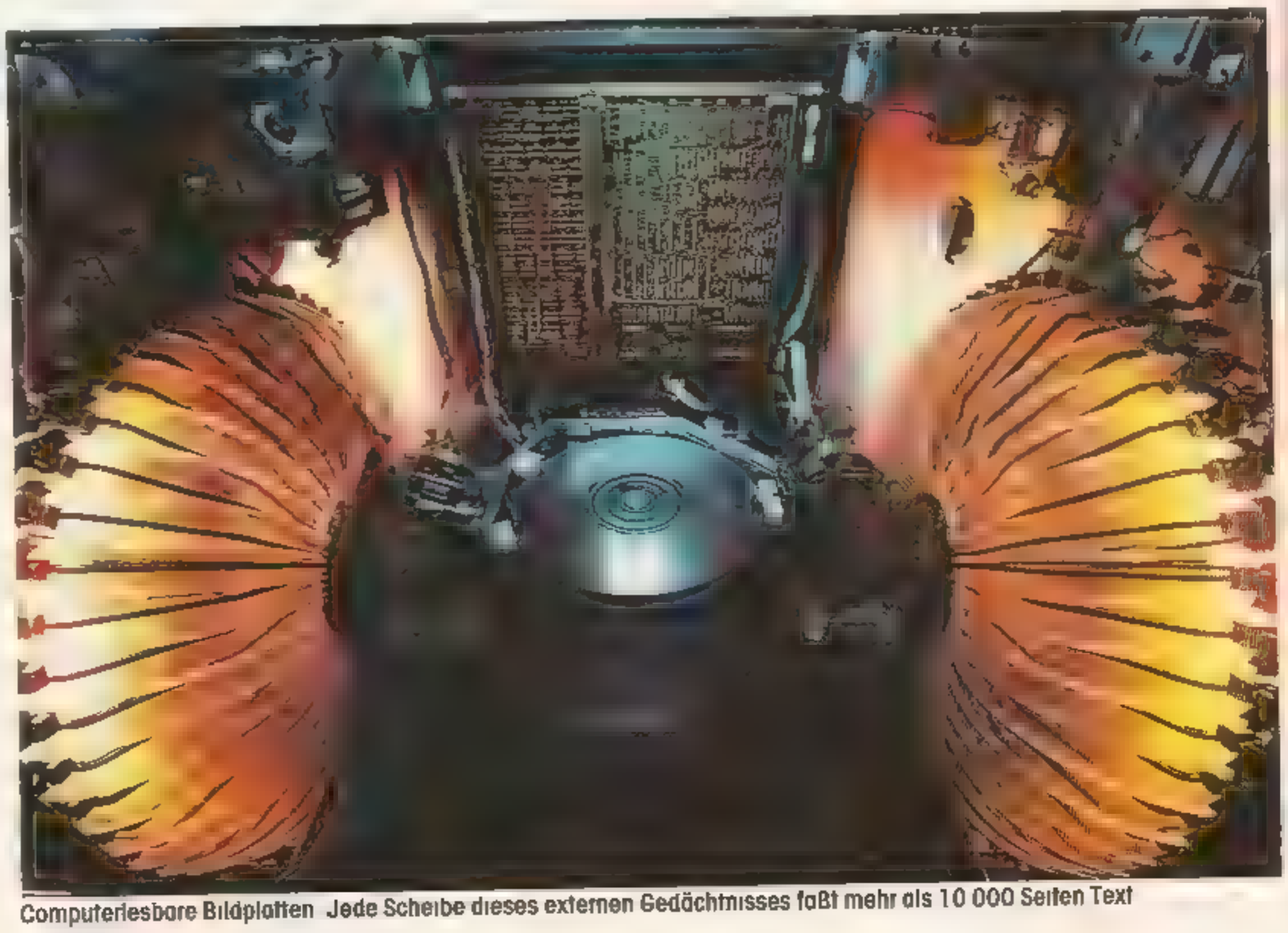
GLOSSAR

Gehirngröße

Zwar schlägt Homo sapiens mühelos Wale, Elefanten oder Gorillas, wenn der Anteil des Denkorgans an der Körpermasse betrachtet wird. Aber dem Frettchen wäre er nach dieser Relation unterlegen: Bei dem wieselartigen Räuber macht das Gehirn ein Dreizehntel der Masse aus, beim Menschen ein Sechsundvierzigstel. Französische Forscher haben darum den Enzephalisations-Koeffizienten (von griech.-neulat. Enzephalon = Gehirn) entwickelt: Mit Hilfe eines doppelt-logarithmischen Koordinatensystems und nach längerer Rechnerei landen einfache Insektenfresser, etwa die Spitzmaus, demnach beim Basis-Wert von 1, Schimpansen bei 11, Delphine bei 20, und der Mensch steht mit 28,7 an der Spitze. Wird die Großhirnrinde noch mit einem Bonus für Leistung bewertet, so ergibt sich ein noch deutlicherer Vorsprung: bis zu 58 für die Menschenaffen, stolze 156 für den Menschen.

Geistige Gesundheit

Im wesentlichen entscheidet die Konvention darüber, wer „richtig tickt". Psychologen geben heute



Computerlesbare Bildplatten. Jede Scheibe dieses externen Gedächtnisses faßt mehr als 10 000 Seiten Text

– mit aller Vorsicht – vor allem soziale Eigenschaften als Kriterien geistiger Gesundheit an Kooperations- und Beziehungsfähigkeit, aber auch das Vermögen, sich über sich selbst und seine Umwelt ein kritisches und *empathisches* Bild zu machen.

Ich

Bevor ein Kind in seiner seelischen und kognitiven Entwicklung lernt, „ich" zu sagen, muß es sich selbst als Einheit erleben, als getrennt von anderen Menschen und Dingen. In der psychoanalytischen Theorie allerdings ist das Ich der Vermittler zwischen Es und Über-Ich. Es bringt lustbetonte triebhafte Wünsche und kontrollierendes Gewissen mit der Realität in Einklang. Dazu ist es in einen bewußten und einen unbewußten Teil gespalten. Einerseits schützt sich das Ich unbewußt gegen Verbote des Über-Ichs oder Triebe des Es. Andererseits können ihm Wünsche und Gewissensentscheidungen bewußt werden.

Idee

Ein Geistesblitz – auf dem Stand der Technik von 50 v. Chr.

Illusion

In der Psychologie bedeutet Illusion sowohl die Verkennung der Realität als auch umgekehrt die Erklärung eines nur in der Phantasie vorhandenen Gegenstandes als wirklich. Doch trotz dieser negativen Beschreibung empfehlen manche Psychologen heute: „Machen Sie sich ruhig Illusionen!" Sie verweisen auf die Potenz der kreativen Selbsttäuschung. Wer sich positive Illusionen mache, finde oftmals eher Kraft und Motivation, Enttäuschungen auszuhalten und gegen widrige Umstände anzukämpfen. Menschen, die trotz vieler Rückschläge noch an sich glauben, schaffen es eher, wieder auf die Beine zu kommen. Auch im Falle einer Krankheit: Illusionen können in diesem Fall die Abwehrkräfte stärken.

HUMOR

Das Kreuz mit dem Witz

Kennen Sie den? Wissenschaftler wollen herausfinden, wie die Frau Witze hört. Das rechte Ohr zuerst, rein mit dem Jokus. So findet sie das gar nicht komisch. Neuer Versuch, linkes Ohr. Hahahahi.

Die Pointe für Hirnforscher – außer daß Wissenschaft und Witz wenig wechselwirken – ist offensichtlich behandeln die beiden Gehirnhälften des weiblichen Menschen akustisch vernommene Informationseinheiten potentiell zwerchfellerschütternden Inhalts unterschiedlich. Vom rechten Hörorgan gelange, erklären die Fachleute allen Ernstes, die Botschaft in die linke Hemisphäre, deren analytische Maschinerie den Witz zermalme. Vom linken Ohr dagegen gehe es in die ganzheitlicher agierende rechte Hirnhälfte, welche die scheinbare Widersprüchlichkeit des Gehörten eigentlich recht lustig findet.

Witz und Intelligenz, Humor und Weisheit, hängen, wie wir zumindest aus unserer Alltagserfahrung zu wissen glauben, irgendwie zusammen. Auch die Einsicht, daß Witz nur indirekt mit Lachen zu tun hat und Humor mitunter knochentrocken ist, kann niemanden verblüffen – obwohl doch das Wort „Humor" vom lateinischen Begriff für Feuchtigkeit abstammt. So steht der „trockene Humor" eben wie der Igel im Märchen schon im Ziel der Erkenntnis, wenn der Hase Rationalität endlich angehechelt kommt.

Gerade der trockene, hintergründige Witz gilt als Zeichen für Intelligenz. Aber ein Blick in die Literatur, die Witz und Humor wissenschaftlich zu würdigen sucht, fördert zwar viel intelligentes und noch mehr Trockenes zu Tage, aber überhaupt nichts Witziges. Reichlich 200 engbedruckte Seiten widmet beispielsweise Sigmund Freud dem Thema „Der Witz und seine Beziehung zum Unterbewußten". Humor, definiert der Begründer der Psychoanalyse, sei ein „Triumph des Ichs", ja des „Lustprinzips gegen die Ungunst der realen Verhältnisse"; dabei trete „das Über-Ich dem Ich hilfreich zur Seite".

Wenig Erhellendes findet sich auch beim französischen Philosophen Henri Bergson. In seinem Klassiker „Das Lachen" definiert er den Witz: „Komisch ist jede Anordnung von ineinandergreifenden Handlungen und Geschehnissen, die uns die Illusion vom wirklichen Leben und zugleich den deutlichen Eindruck von mechanischer Einwirkung vermittelt."

Da drängt sich der Eindruck auf, nur diejenigen verbreiteten sich über den Humor, denen selbiger abgeht. Aber vielleicht ist es schlicht unmöglich, witzig über Witz und humorvoll über Humor zu schreiben. Dafür spricht nicht nur die Erfahrung der GEO-Wissen-Autoren, die sich an diesem Text versucht haben, sondern auch ein Satz des deutschen Philosophen Kuno Fischer. „Der intellektuelle Witz ist ein spielendes Erkenntnisurteil. Er ist eine Naturgabe, er gehört zu den Fähigkeiten, die gewöhnlich mütterlicher Herkunft sind, wir haben ‚vom Mütterchen Natur die Lust zu fabulieren'." Ephraim Kishon sagt Ähnliches, wenn auch schlichter: „Ich weiß auch nicht, was Humor ist. Entweder man hat ihn, oder man hat ihn nicht."

Indirekt bestätigt auch Elke Christian Hirsch, als „Witzableiter" durch Presse und Funk bekannt, den Verdacht. Seine Werke lesen sich zwar recht witzig – aber nur, weil er die an sich trockenen Texte regelmäßig mit Witzen würzt, etwa nach dem Denkmuster: „Kann ich hier einen Tankdeckel für mein altes Auto bekommen?" fragt ein Mann in der Werkstatt. Der Meister: „Ja, das scheint mir ein fairer Tausch zu sein."

Wortspiele zu verstehen, das hat Hirsch eindeutig erkannt, „ist eine intellektuelle Befriedigung". Na bitte. Und daraus folgt zwingend, daß nichts verheerender für das intellektuelle Ansehen ist, als eine Pointe zu verpassen. Also ist es allemal besser, mitzulachen, wenn alle anderen losprusten – besonders bei schmutziger Witzen.

Was für Zuhörer gilt, trifft Erzähler womöglich noch härter. Wer einmal eine Pointe vermasselt, der braucht sich beim nächsten „Kennt ihr der schon?" über allgemeines Gähnen nicht zu wundern. Noch peinlicher ist allenfalls das einsame Lachen des Erfinders unwitziger Witze. Die mitleidigen Blicke seines Publikums verraten deutlich, daß hier der Spaß aufhört.

Vielleicht ist es ja die Angst vor eben diesem vernichtenden Urteil, die den Autoren der Bücher über das Wesen von Humor und Witz die trockensten Formulierungen abpreßt. Das ist zwar aus deren Sicht zweifellos nicht unklug, aber insgesamt leider kein Beweis für die These, Witz und Intelligenz hätten etwas miteinander zu tun.

So bleibt nur etymologisches Raunen. „Witz", sagen die Wortstammkundler, gehe auf „Wissen" zurück und bedeute „Verstand, Klugkeit, Schlauheit". Ein witziger Mensch bedarf demnach folgender geistiger Mindestausstattung: genaue Kenntnis normaler und anormaler gesellschaftlicher Abläufe, Gespür für übertretbare Grenzen sowie die Fähigkeit zu fixer und schrägen Assoziationen, die ihn blitzartig Paradoxes, Komisches und Widersprüchliches zwischen mehreren Bedeutungsebenen erkennen läßt. Zum Beispiel dies „Gott sei dank endlich sind Sie da", sagt der Mann zum überraschten Einbrecher. Seit 30 Jahren weckt mich meine Frau jede Nacht, weil sie denkt, Sie seien im Haus."

So kommt schließlich die analytische Hirnhälfte doch noch zu ihrer Erkenntnis: Erstens ist, wer viel Witz hat, wohl auch intelligent; umgekehrt gilt dies nicht unbedingt. Zweitens lebt, wer viel lacht, erwiesenermaßen gesünder und länger. Rechte Hemisphäre, übernimm das mal, bitte.

Michael Schmuck

»We are amused«: Ein Scherz der Queen hat das Hirn des Präsidenten erreicht

Von Norderney bis Réunion. SAISON hat die schönsten Inseln herausgefischt.

Foto: C. Vaisse

Sind Sie reif für die Inseln? SAISON hat sich zwischen Nordsee und Indischem Ozean umgeschaut und neue Eindrücke gesammelt. Zum Beispiel die West- und Ostfriesischen Inseln: charmante, in sich geschlossene Mikrokosmen unweit der Küste. SAISON besuchte 12 von ihnen, nennt charakteristische Besonderheiten und gibt ausführliche Tips und Ratschläge, auch für Ausflüge zum Festland. Oder Réunion, die Insel für Wander- und Naturfreunde. Abseits der Hotelpools entdeckte SAISON das Réunion der Vulkane und Regenwälder. Schließlich Mallorca. Bei weitem nicht nur Mekka deutscher Pauschalurlauber, sondern gleichermaßen ein Paradies für Individualisten.

Reizvoll auch die weiteren Themen: Als „zahlender Kadett" auf dem russischen Windjammer Sedov: statt Kaviar gibt's Kochwurst; London: Shopping wie in Indien und eine Übersicht der neuesten Urlaubskrimis. Das neue Heft finden Sie jetzt bei Ihrem Zeitschriftenhändler.

SAISON. DAS REISEMAGAZIN VON GEO.

Instinkt

nennen Biologen angeborene Verhaltensmuster, mit denen Lebewesen auf Schlüsselreize reagieren. Hungrige Silbermöwenküken etwa picken nach dem auffälligen roten Punkt auf dem Schnabel ihrer Eltern, worauf die alten Vögel Futter hochwürgen. Die Küken picken anfangs nach jedem länglichen Gegenstand und zielen erst später auf den roten Punkt – offenbar eine Wechselwirkung von angeborenem Verhalten und einem Lernprozeß.

Viele Verhaltensforscher vermeiden heute das Wort „Instinkt", weil es in der Umgangssprache für Reflexe oder unbewußtes Handeln benutzt wird. Wir lesen oft: „Als der Autofahrer das Kind sah, trat er instinktiv auf die Bremse."

Instinktiv picken hungrige Möwenküken nach dem roten Fleck

Intuition

Die blitzschnelle Kombination von äußerer und innerer Wahrnehmung, von Inspiration und Ahnung, die ohne Kontrolle des bewußten Denkens abläuft, ist typisch für Intuition. Wer etwas intuitiv weiß, kann nicht erklären, warum er es weiß. Dieser „sechste Sinn" paßt nicht ins Weltbild des *Rationalismus*. Dennoch vertrauen darauf viele erfolgreiche Unternehmer, Wissenschaftler und Künstler und finden oft ungewöhnliche und – nach hergebrachten Kriterien – „abwegige" Lösungen eines Problems.

Frauen wird die Fähigkeit zur Intuition aber noch eher zugestanden. Möglicherweise besitzen sie mehr *Empathie* und können deshalb komplexe Situationen besser verstehen. Oder ihr Gehirn vermag zwischen beiden Hemispharen besser hin- und herzuschalten und somit für Entscheidungen mehr Informationen einzubeziehen.

Erreichte mit zehn Jahren den IQ-Rekord 228: Marilyn vos Savant

IQ

Mit Hilfe des sogenannten Intelligenz-Quotienten ordnen Psychologen, die meinen, Intelligenz zuverlässig messen zu können, Menschen auf einer Skala der geistigen Fähigkeiten ein. Wer bei den Tests genauso abschneidet wie der Durchschnitt seiner Altersgenossen, erreicht den IQ-Wert 100; zwei Drittel aller Menschen liegen definitionsgemäß zwischen 85 und 115 (siehe Seite 64).

Isolation

Wenn das Bewußtsein von allen Sinnesreizen abgeschnitten wird, dann schafft es sich seine Wahrnehmungen oft selbst. Das zeigten Versuche mit der „Camera silens", einem finsteren und völlig schalltoten Raum. Freiwillige erlebten dann binnen einer Stunde Halluzinationen. Bei einem anderen Isolations-Experiment verbrachte eine Italienerin über vier Monate allein in einer Höhle. Dabei hatte sie ihr Zeitempfinden völlig verloren und meinte, nur zwei Monate unter Tage gewesen zu sein. Von Gefangenen in Einzelhaft ist bekannt, daß die Denkfähigkeit abnimmt, während das Verlangen nach sozialem Kontakt wächst. Folterspezialisten nutzen das bei der Gehirnwäsche aus, weil isolierte Gefangene viel eher bereit sind, bisherigen Überzeugungen abzuschwören.

Kognitionswissenschaften

Ein neuer Oberbegriff für Forschungsdisziplinen, die sich mit menschlicher Erkenntnis befassen (lat. cognitio). Dazu zählen neben der Neurobiologie und der Künstliche-Intelligenz-Forschung auch Philosophie, Psychologie, Linguistik und Anthropologie. Sie versuchen, interdisziplinär und mit naturwissenschaftlichen Methoden gemeinsame Kernfragen zu beantworten: Wie nimmt der Mensch die Welt wahr? Wie speichert er *Wissen*? Wie ruft er es ab, wendet es an und gibt es weiter? Eine zentrale Rolle spielt dabei die Idee, daß unser Gehirn *mentale Repräsentationen* erschafft.

IDIOTS SAVANTS

Die rätselhaften Spezialisten

Im Jahre 1751 lebte in dem Flecken Elmton, nahe bei Chesterfield in Derbyshire ein Mann, Jedediah Buxton genannt, welcher damals ohngefahr 50 Jahre alt, und in seiner Jugend so sehr vernachläßigt worden war, daß er nicht einmahl seinen Namen zu schreiben wußte. " Weiter Marcher beginnt 1787 in der deutschen Zeitschrift „Gnothi sauton" (Erkenne Dich selbst) der Bericht über einen englischen Tagelöhner mit einer phantastischen Gabe. Der geistig weit Zurückgebliebene konnte unter unentwegtem Gemurmel Zahlen mit über 30 Stellen multiplizieren – im Kopf.

Buxton war, wie sich bald herausstellte, kein Einzelfall. Und je mehr Geistesgestörte mit solch einseitiger Hochbegabung bekannt wurden, desto mehr geneten sie ins Visier von Forschern, die ihnen einen wissenschaftlichen und zugleich verletzenden Namen gaben: „Idiots savants" – gelehrte Schwachköpfe. Manchen der dummen Genies verhelfen ihre außerordentlichen Fähigkeiten zu öffentlichem Aufsehen. Etwa Gottfried Mind, der Katzenbilder von solcher Lebendigkeit malte, daß er sich im 19. Jahrhundert als „Katzen-Raffael" einen Namen machte. Selbst Georg IV. von England kaufte eines seiner Werke. Oder Minds Zeitgenosse Stephen Wiltshire, der bis ins Detail Gebäude zeichnen kann, die er nur zehn bis funfzehn Minuten angeschaut hat.

Das „Savant-Syndrom", wie das Phänomen inzwischen gelegentlich genannt wird, beobachten Psychiater heute bei sechs von zehntausend geistig Behinderten, aber weit häufiger bei Autisten: Zehn von hundert Menschen mit derart gestörtem Kontakt zur Außenwelt verfügen über eine außergewöhnliche Fähigkeit. Dabei überwiegen männliche „Savants" im Verhältnis von sechs zu eins.

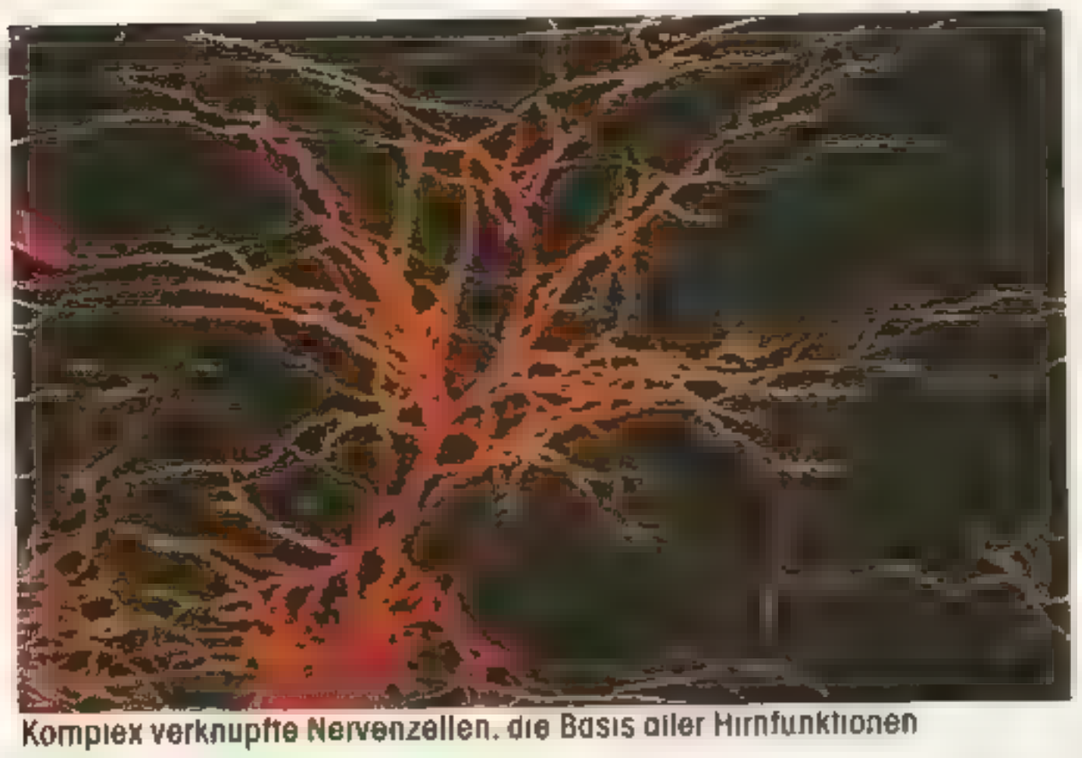
Ihre erstaunliche Meisterschaft entwickeln einseitigen Spezialisten derer Intelligenz-Quotient meist zwischen 40 und 70, also weit unter dem Durchschnittsniveau liegt, auf höchst unterschiedlicher Gebieten. Manche können zu jedem beliebigen Datum den Wochentag angeben oder haben die Haltestellen und Fahrzeiten sämtlicher Busliner einer Großstadt im Kopf. Andere verfügen über außergewöhnliche mechanische Fähigkeiten oder ein verblüffend genaues Augenmaß.

Für Hirnforscher ist das Savant-Syndrom eine große Herausforderung. Kein Modell von der Funktion des Gedächtnisses wäre vollständig, das dieses Phänomen nicht deuten könnte. Doch trotz zahlreicher Hypothesen sind die Wissenschaftler von einer geschlossenen Theorie noch weit entfernt. Manche vermuten bei den Savants ein besonderes fotografisches Gedächtnis, andere sind überzeugt, daß soziale Isolation oder fehlende Außenreize die Konzentration auf eine einzige Fähigkeit begünstigen. Auch die Suche nach sozialer Anerkennung oder einem Ersatz für geistige Defizite könnte eine Rolle spielen. Für einige Wissenschaftler deuten die häufigen Sprachprobleme der Savants eher auf eine funktionelle Unterentwicklung der linken Gehirnhälfte hin. Sogar das genetische Erbe steht unter Verdacht: In mehreren Fällen fanden sich die Fähigkeiten von Savants in ähnlicher Form auch bei deren Angehörigen.

Mit drei Jahren konnte der geistig behinderte Eddie Bonafe plötzlich perfekt Klavier spielen – ein ungeklärtes Phänomen, das als »Savant-Syndrom« Untersuchungsgegenstand der Hirnforscher ist

Am Schicksal der Betroffenen ändern die Erklärungsversuche der Forscher nichts. Die meisten Savants benötigen die Obhut ihrer Eltern oder eines Heimes. Nur wenige meistern ihr Leben allein und besitzen zudem eine Hochbegabung von praktischem Nutzen. Wie jener Hamburger, der Töne auf Anhieb erkannte. Der Savant mit dem absoluten Gehör wurde Klavierstimmer.

Lothar Kuhn



Komplex verknüpfte Nervenzellen, die Basis aller Hirnfunktionen

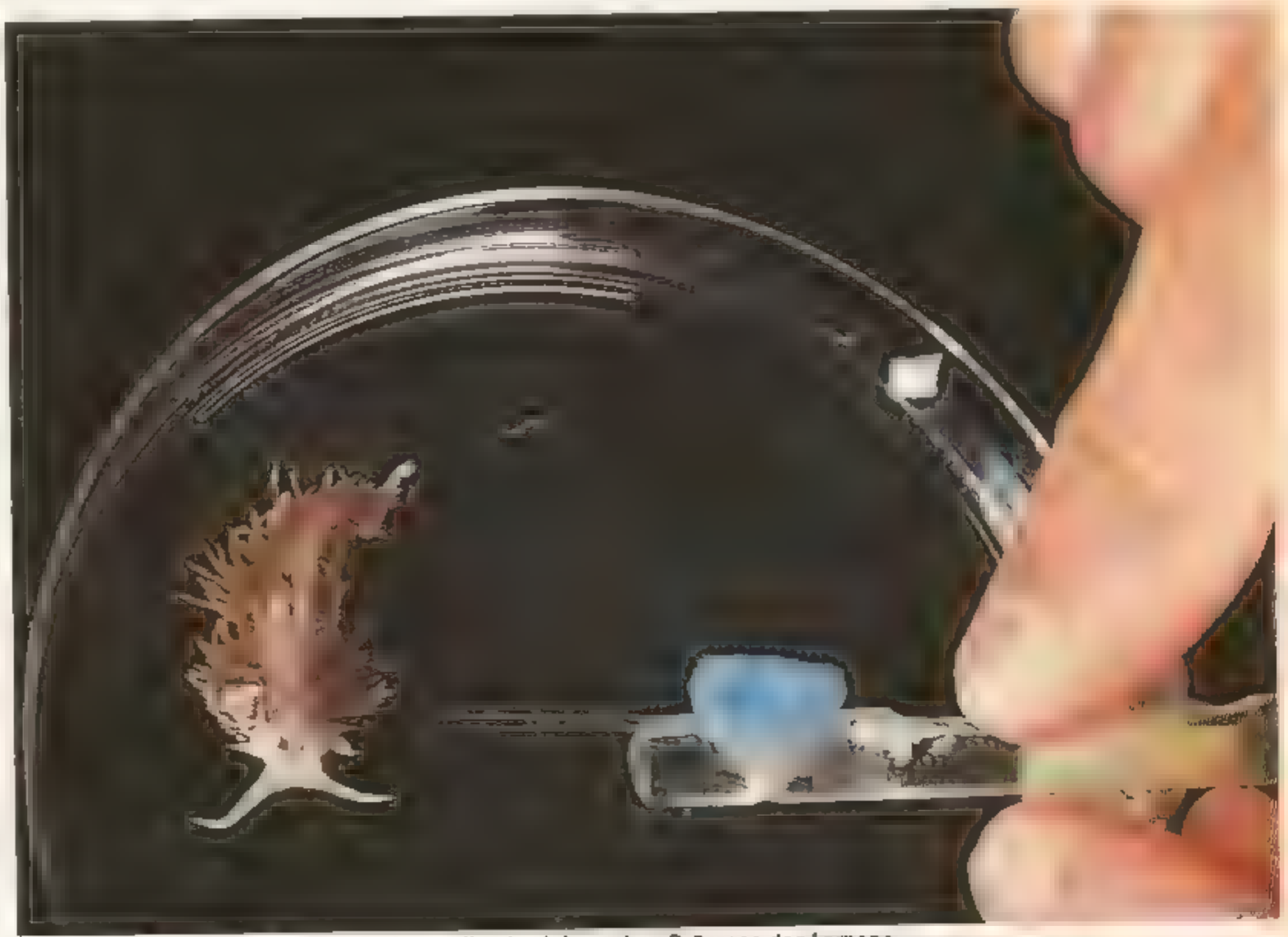
Konnektionismus
ist eine Richtung der *Kognitionswissenschaften*. Sie beschreibt Wahrnehmung und Denken als Phänomene, die auf neuronalen Netzwerken basieren – also auf parallel arbeitenden Ensembles von Nervenzellen, die über etliche Regionen des Gehirns verteilt und vielfältig verknüpft sind (siehe Seite 120)

Lernen
bewirkt erfahrungsbedingte und relativ dauerhafte Verhaltensänderungen. Wir lernen unter anderem durch regelmäßige Koppelung bestimmter Reize, durch Beobachtung und Imitation, durch Ausprobieren nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum" oder durch Neustrukturierung bereits gelernten Materials. Großen Einfluß auf den Lernerfolg haben Belohnung und Bestrafung. Wichtig für die menschliche Entwicklung ist auch das beiläufige Lernen, mit dem wir – ohne es darauf anzulegen – schon als Kinder einen Großteil der kulturellen „Selbstverständlichkeiten" erfassen
Lernvorgänge beeinflussen nachweislich die Stärke von Nervenverbindungen (Synapsen) im Gehirn. Solche Veränderungen hatte der kanadische Psychologe Donald Hebb schon 1949 postuliert; sie konnten 1979 bei der Meeresschnecke „Aplysia" nachgewiesen werden.

Linkshänder
In allen Epochen und Kulturen, bei allen Rassen, selbst bei den Urmenschen, ist und war etwa einer von zehn Menschen Linkshänder. Die Ursache für die Linkshändigkeit liegt im Gehirn, nicht in der Hand – ob sich deshalb allerdings der Denkstil von dem der Rechtshänder unterscheidet, kann nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. Allerdings sind die „Linken" sowohl unter den geistig Behinderten besonders zahlreich als auch unter den Genialen: etwa Caesar, Leonardo da Vinci, Mozart, Goethe, Einstein, Picasso und Charlie Chaplin
Weil es jedoch unter „Frühchen" und Zwillingen – also nach schweren Schwangerschaften und Geburten – mehr Linkshänder gibt, glauben manche Wissenschaftler, die Abweichung sei die Folge von kleinen, in der frühen Entwicklung erlittenen Hirnschäden.
Die lange Zeit übliche Umerziehung zum Rechtshänder gilt manchen Psychologen als „massivster Eingriff ins Gehirn ohne Blutvergießen": Die rechte Hemisphäre wird gehemmt und die linke überlastet. Gedächtnisprobleme, Konzentrationsstörungen und die Lese- und Rechtschreibschwäche Legasthenie können die Folge sein

Mentale Repräsentation
Als „mentale Repräsentationen" bezeichnen Hirnforscher, Psychologen und Philosophen jene inneren Zustände, die als Bausteine unseres Bewußtseins und Gedächtnisses fungieren. Sie enthalten Informationen, die das Verhalten der betreffenden Personen bestimmen und ihr Handeln in der Umwelt überhaupt erst ermöglichen. Das Konzept der Repräsentation markiert eine Abkehr vom *Behaviorismus*
Es gibt viele Indizien dafür, daß die naive Vorstellung falsch ist, die Welt spiegele sich in unserem Kopf schlicht wider. Vielmehr sind auch mentale Repräsentationen einfacher Dinge sehr komplex. Schon die anatomische Feinstruktur der Hirnrinde legt nahe, daß dort keine einfache Abbildung stattfindet: Es gibt weit mehr Querverbindungen zwischen einzelnen Neuronenverbänden als Nervenbahnen von den Sinnesorganen kommen. Außerdem verarbeitet das denkende Hirn etwa sinnvolle und sinnlose Buchstabenreihen anders, wie per PET-Technik aufgenommene Funktionsbilder belegen (siehe Seite 125)
Auf welche Weise unser Denkorgan allerdings den beobachteten neuronalen Aktivitäten Sinn gibt, welche Bedeutung es mentalen Repräsentationen wie zuordnet, ist noch völlig offen.

Multiple Persönlichkeiten
Amerikanische Psychiater haben vor über zehn Jahren die multiple Persönlichkeitsstörung offiziell als Erkrankung anerkannt. Betroffene besitzen nicht ein *Ich*, sondern mehrere, die unterschiedlichen Alters und Geschlechts sein können. Die verschiedenen Charaktere treten von Zeit zu Zeit hervor, häufig als „Spezialisten" für ganz bestimmte Situationen. Dementsprechend unterscheiden sich ihre Begabungen und Kenntnisse, aber auch Hirnströme und Sehleistungen, selbst Allergien – ein Hinweis darauf, wie das Bewußtsein Körperfunktionen beeinflussen kann. Alle Patienten berichten über entsetzliche Erlebnisse in der Kindheit, vor allem grausame Strafen und sexuelle Übergriffe. Offenbar als Schutz vor der erdrückenden seelischen Last haben sie verschiedene Ichs entwickelt



An Meeresschnecken erforschen Biologen die physiologischen Prozesse des Lernens

Phrenologie

Der Anatom Franz Joseph Gall (1758 bis 1828) ist Urvater dieser Lehre, nach der die Schädelform eines Menschen auf dessen Eigenschaften schließen läßt. Einer ausgeprägten Fähigkeit entspräche ein übergroßes „Organ" im Bereich der Großhirnrinde, weshalb sich der Schädelknochen an dieser Stelle etwas ausstülpe. Die Phrenologen verglichen die Schädel von Geisteskranken und Verbrechern mit jenen „berühmter" Männer und fanden schließlich 43 bedeutsame Beulen, denen sie unter anderem Mut, Kinderliebe, Religion und Eitelkeit zuordneten. Auch wenn der Ansatz der Phrenologie heute als verfehlt gilt, so war diese doch Vorläuferin der experimentellen Erforschung der Hirnfunktionen.

Plastizität

nennen Neurobiologen die Eigenschaft von Nervensystemen, inklusive des menschlichen Gehirns, auf Entwicklungs- und Lernvorgänge sowie auf Verletzungen flexibel – eben „plastisch" – zu reagieren. Dabei können sowohl die Struktur, also hauptsächlich die Verbindungen zwischen Neuronen, als auch die Funktion eines Nervenzellverbandes geändert werden. Strukturell ist das menschliche Gehirn – im Vergleich beispielsweise zu Goldfischen, bei denen durchtrennte Sehnerven nachwachsen – wenig plastisch. Auf der Funktionsebene dagegen scheint besonders unser Denkorgan höchst plastisch zu sein. Nach Hirnverletzungen können manche *Ausfälle*, etwa der Sprechfähigkeit, in einem gewissem Ausmaß von vorhandenem gesunden Gewebe ausgeglichen werden. Zudem sind wir in der Lage, bis ins hohe Alter zu *lernen*.

Talente bilden Beulen: Phrenologe bei der Untersuchung

Psychophysik

untersucht, wie Sinneseindrücke aus äußeren Reizen entstehen. Bereits im 19. Jahrhundert erkannten Forscher, daß für Menschen die Empfindungsstärke eines Reizes viel langsamer ansteigt als dessen physikalisch meßbare Stärke. Dadurch können wir einen sehr großen Bereich von Reizstärken verarbeiten – etwa sehr leise und sehr laute Geräusche. Psychophysiker haben außerdem erkannt, wie stark das Empfinden von Reizzusammenhang und Vorgeschichte abhängt. Zum Beispiel wirken die Kreuzungspunkte dicker weißer Balken auf schwarzem Grund grau. Auch Motivation und die möglichen Konsequenzen von Fehlern können die Reizverarbeitung beeinflussen: Wenn es gefährlich ist, einen Unterschied zwischen zwei Reizen nicht zu erkennen, nehmen wir auch undeutliche Differenzen schneller wahr.

Rationalismus

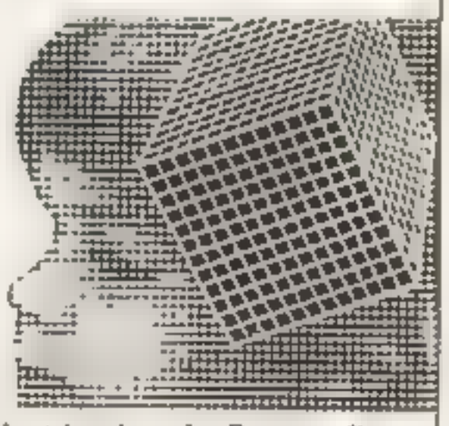
bringen wir im Alltag meist in Zusammenhang mit einem Denken, das sich an den Naturwissenschaften orientiert. In der Philosophie ist damit eine Schule gemeint, die allein das Denken als Quelle einer sicheren Erkenntnis zuläßt. Extreme Verfechter des Rationalismus glaubten, die Gesetze der Naturwissenschaften, ja selbst die Abläufe der Geschichte ließen sich allein mit dem Geist erkennen und vorhersagen. Im Gegensatz dazu meinten die Empiristen, Gewißheit könne sich nur auf Sinneseindrücke und Messungen gründen. Immanuel Kant führte beide Positionen zusammen: Wissen über die Realität lasse sich nur durch eine Verbindung empirischer Daten mit Konzepten erwerben, die vor jeglicher Erfahrung schon im

Wie aus äußerem Reiz ein Sinneseindruck wird, hängt auch von der Vorgeschichte ab: Wer 20 Sekunden auf die Abbildung starrt und dann sofort irgendeine weiße Fläche fixiert, sieht die Flaggen einen Augenblick lang »richtig«. Grund: Die Neuronen für die abgebildeten Farben sind rasch »erschöpft«; es »melden« sich daher nur noch die Nervenzellen für die Komplementärfarben

Was heißt schon intelligent?

Seit Anfang des Jahrhunderts versucht man mit verschiedenen Tests, den »Intelligenzquotienten« (IQ) von Menschen zu messen. Wer einen hohen Wert erreicht, gilt als intelligent, und in vielen Fällen kann der einmal ermittelte IQ den ganzen weiteren Lebensweg bestimmen.

Doch kann niemand sagen, was Intelligenz eigentlich ist. Trotzdem verhalten sich Psychologen, Pädagogen, Personalchefs, Laien so, als gäbe es die Intelligenz.



Genau dies bezweifelt Howard Gardner in seinem mutigen Buch, mit dem er nicht nur Detailkritik an den Testverfahren vorbringt, sondern das ganze Konzept der angeblichen Intelligenzmessung ins Wanken bringt. Aufbauend auf vielen Jahren psychologischer Forschung legt Gardner die Beweise für seine Theorie vor, daß jeder Mensch eine Vielzahl von »Intelligenzen« – mindestens sieben – entwickeln kann, von denen viele mit den Standardtests gar nicht erfaßt werden können.

Howard Gardner: Abschied vom I.Q.
Die Rahmen-Theorie der vielfachen Intelligenzen

395 Seiten, Linson mit Schutzumschlag, 48,– DM / öS 374,–

Klett-Cotta

Geist angelegt sind, wie etwa Kausalität. Gedanken ohne Inhalt sind leer, sagte er, und Anschauungen ohne Begriffe blind. Die Idealisierung des rationalen Denkens hat in unserer Kultur tendenziell zu einer Herabwürdigung anderer Formen von Erkenntnis oder Wahrnehmung geführt, etwa von *Intuition* oder *Emotionen*.

SETI

Die Suche nach außerirdischer – „extra-terrestrischer" – Intelligenz hat bisher viele Millionen Dollar verschlungen, aber keinerlei Lebenszeichen in den Tiefen des Alls aufgespürt. Radioteleskope horchen den Himmel nach elektromagnetischen Wellen ab, Supercomputer durchsuchen Millionen von Frequenzen nach sinnvollen Botschaften aus fremden Welten (siehe Geo-Wissen Nr. 2/1989 „Kommunikation": „Schweigt da draußen wer?"). Botschaften an die mutmaßlichen Außerirdischen sind unter anderem an Bord der amerikanischen Raumsonden Voyager-1 und Voyager-2, die aus dem Sonnensystem herausfliegen: 118 Fotos von der Erde und Grüße in 54 menschlichen Sprachen.

Radioteleskope in New Mexico horchen unter anderem auf Lebenszeichen außerirdischer Intelligenz

SCHACHCOMPUTER

Einstweilen bleiben die Rechner matt

Als einen „Probierstein des Gehirns" bezeichnete Johann Wolfgang von Goethe das Schachspiel. Kein Wunder, daß bereits die Computer-Pioniere in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts ihren Maschinen das königliche Brettspiel beibringen und beweisen wollten, daß elektronische Intelligenz mit der menschlichen konkurrieren kann. Dennoch dauerte es Jahrzehnte, bis 1958 ein Rechner überhaupt nur die Spielregeln beherrschte.

Heute haben die leistungsfähigsten Schachcomputer die Spielstärke von Großmeistern erreicht: Bereits 1988 mußte sich der Däne Bent Larsen einem Elektronenhirn namens „Deep Thought" (tiefer Gedanke) geschlagen geben. Und Ende 1992, da sind sich die Konstrukteure der siegreichen Maschine sicher, könnte eine verbesserte Version auch den derzeitigen Weltmeister vom Brett fegen.

Daß der Armenier Garri Kasparow nicht schon längst von einer kleinen Kiste voller Chips und Drähte entthront wurde, liegt an der enormen Anzahl möglicher Spielverläufe. Zwar hat ein Spieler in einer gegebenen Situation durchschnittlich nur etwa 38 Alternativen für den nächsten Zug. Doch potenzieren sich diese im Laufe der Partie schnell ins Unermeßliche. Wenn beide Gegner jeweils nur dreimal ziehen, ergeben sich bereits mehrere Milliarden Varianten.

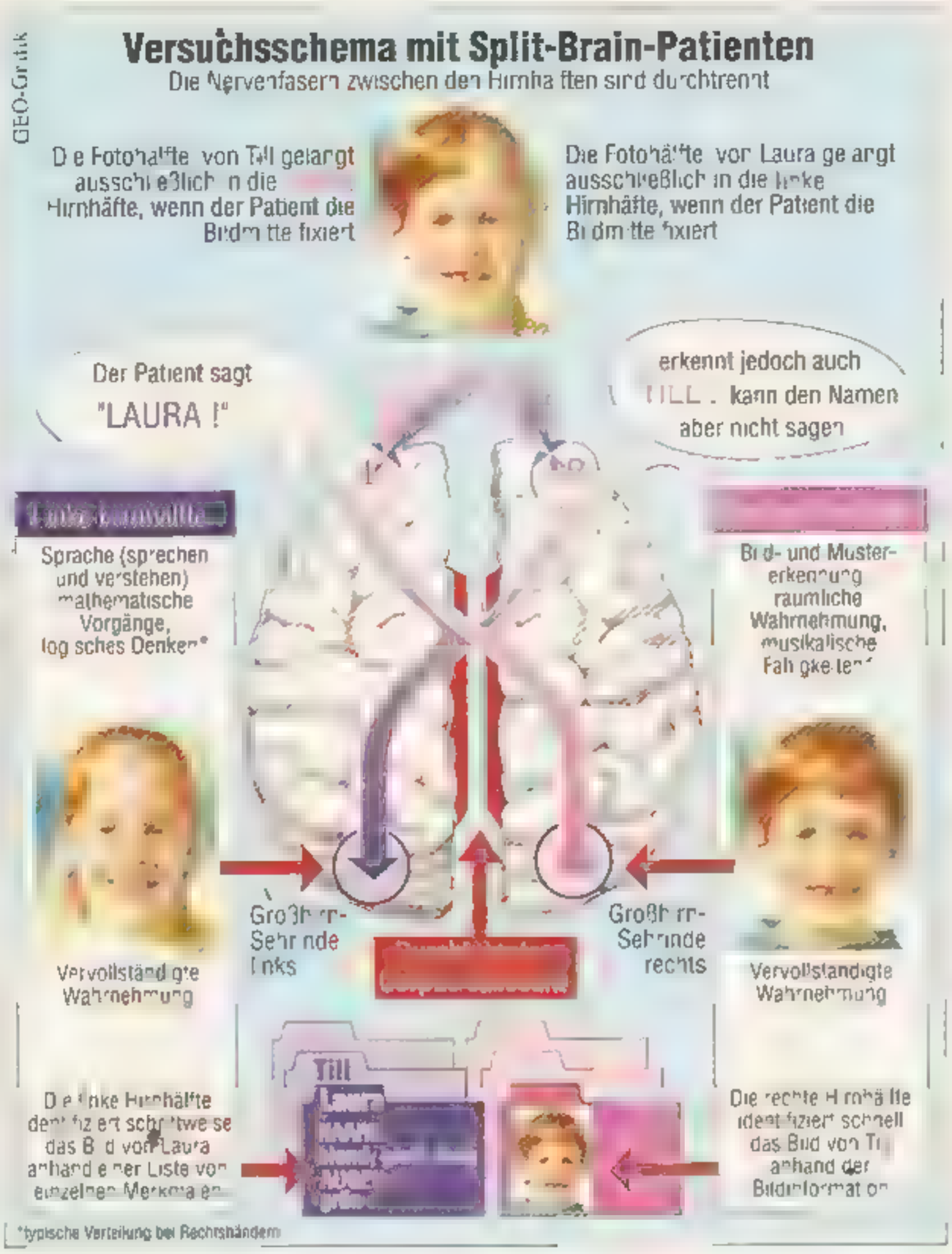
Menschen lernen beim Schachspiel aus der Erfahrung. Ein versierter Spieler mit den verinnerlichten Lehren Hunderter von Siegen und Niederlagen denkt nicht mehr in einzelnen Zügen, sondern in Figuren-Konstellationen und Zugserien. Sein Gehirn fällt taktische Entscheidungen intuitiv oder nach dem „reziproken Verdachtsmoment": Was, denkt der Gegner, denke ich?

Elektronenrechner kalkulieren dagegen jede Variante Zug für Zug durch. Allerdings würde es ewig dauern, alle Möglichkeiten in Betracht zu ziehen. Allein um die nächste Folge von drei, vier Zügen binnen Minuten zu prüfen, müssen gute Schachcomputer sehr schnell rechnen können. „Deep Thought" etwa kann eine Dreiviertelmillion Stellungen pro Sekunde analysieren und dennoch gerade mal fünf Züge im voraus berechnen. Sein Nachfolgemodell soll mehr als tausendmal schneller sein und je nach Spielsituation zwischen sieben und 30 Züge voraussehen können.

Auch bei der Bewertung von Stellungen arbeitet ein Elektronenhirn völlig anders als ein menschliches. Das Herz eines jeden Schachprogramms ist die sogenannte Bewertungsfunktion, formuliert anhand eines Kriterienkatalogs, nach dem der Rechner die Vor- und Nachteile von Stellungen beurteilt. In die Analyse, die auch die „Schlagkraft" einzelner Figuren bewertet, gehen bis zu 2000 Größen unterschiedlicher Gewichtung ein.

Doch auch der beste Computer unterschätzt zuweilen eine gegnerische Figur. Etwa einen scheinbar harmlosen Bauern, der bis zur gegnerischen Grundlinie vorstößt und dadurch in eine Dame umgewandelt wird. Diese Möglichkeit, die sich vielleicht erst nach 50 Zügen ergibt, wird auch „Deep Thought" in absehbarer Zukunft nicht vorausberechnen können. Immerhin: Der Champion der Schachcomputer ist bei den besten menschlichen Spielern in die Lehre gegangen. Gefüttert mit über 900 Meisterpartien, hat er seine „Vorstellung" von günstigen Stellungen optimiert – und damit auch seine eigene Chance, den Schach-Olymp zu erklimmen.

Dennoch trägt der Rechner seinen Namen zu Unrecht. Selbst ein Sieg über Kasparow wäre kein Beweis für seine eigene Denkfähigkeit, sondern nur für das brillante Know-how seiner menschlichen Konstrukteure. Für die Schöpfer dieses raffiniertesten aller Schachcomputer geht es auch gar nicht darum, ob ihr Produkt denken kann. Der Schach-Showdown zwischen Mensch und Maschine zeige nur, „ob kollektive Anstrengung das Genie eines einzelnen in den Schatten stellen kann". *Wolfgang Blum*



Split-Brain-Patienten haben gleichsam zwei Gehirne, weil die Nervenfasern des Corpus callosum, auch Balken genannt, durchtrennt sind. Durch diese Kanäle tauschen sie normalerweise Informationen aus – etwa ob sich beide Hirnhälften überhaupt mit demselben Menschen befassen

Veränderte Bewußtseinszustände

erleben nahezu alle Menschen – wenn sie träumen, aufwachen oder einschlafen, aber auch nach dem Genuß von Alkohol oder anderen Rauschdrogen. Viele Menschen, vor allem in nicht-abendländischen Kulturen, können sich durch Meditation oder Hypnose in Trance versetzen. Veränderungen der gewöhnlichen Bewußtseinslage treten nicht zuletzt auch bei pathologischen Zuständen wie Amoklauf oder Schreckstarre auf, ausgelöst durch Schocks und emotionale Überbelastung, oder bei Schlafentzug und *Isolation*.

All diese Zustände sprengen den Rahmen gängiger Alltagserfahrung. Sie basieren auf Veränderungen des Wachbewußtseins sowie der „*Ich*-Grenzen" und schließen auch „luzide Träume" ein. Dabei ist sich der Schläfer seines Traums bewußt und kann ihn sogar manipulieren, ohne aufzuwachen.

Auch jene Momente, in denen wir vor uns hinstarren und „weit weg" sind, interpretieren einige Psychologen als veränderten Zustand, als „alltägliche Trance". Dabei erleben wir *Illusionen* und Halluzinationen, an die wir uns im nächsten Moment meist nicht mehr erinnern.

Vergessen

gehört zu den großen Rätseln der *Kognitionswissenschaften*. Forscher sind sich nicht einig darüber, warum wir vergessen.

Split Brain

Ein „gespaltenes Gehirn" entsteht, wenn die Nervenbahnen zwischen den Hirnhälften – Corpus callosum oder schlicht Balken genannt – durchtrennt werden. Solche Operationen können Epileptikern nützen, weil sich die anfallsauslösenden „elektrischen Stürme" nicht mehr unbegrenzt ausbreiten können. Die Trennung der beiden Hemisphären bleibt, so weit dies feststellbar ist, für Persönlichkeit und Verhalten eines Menschen meist ohne dramatische Folgen. Allerdings bricht mit dem Schnitt der Informationsaustausch ab. Hält man einem solchen Patient mit verbundenen Augen in jeder Hand einen Löffel, kann er nicht feststellen, ob beide Objekte gleich sind. An Split Brain-Patienten haben Forscher die Arbeitsteilung der Hirnhälften studiert (siehe Grafik).

Unterbewußtsein

Das Bewußtsein bewältigt nur den kleinsten Teil der hereinströmenden Sinnesreize: Von rund 600 000 Informationseinheiten pro Sekunde werden uns nur 10 bis 20 bewußt. Sigmund Freud war davon überzeugt, daß auch die Mehrzahl aller psychischen Vorgänge ohne Bewußtsein abläuft. Er suchte die Erklärung für psychische Störungen im Unterbewußtsein. Geheime Wünsche und uneingestandene Ängste etwa hemmten die Lösung von Problemen. Aber auch psychisch Gesunden spiele das Unterbewußtsein Streiche: etwa wenn wir uns versprechen, verschreiben, etwas *vergessen* oder übersehen. Der Vater der Psychoanalyse war der Meinung, daß alle Fehlleistungen, obwohl unbewußt, zielstrebige, absichtliche Handlungen seien. Wenn ein Anwalt also von den „schmierigen" statt von den „schwierigen Problemen" seiner Klienten spricht, enthüllt er damit Freud zufolge seine wahre Meinung.

Stark beeinflußt von Freuds Psychoanalyse versuchten nach 1918 die Surrealisten, durch Einbeziehung des Unterbewußten die eigentliche Wirklichkeit darzustellen. Ein berühmtes Werk ist »Metamorphose des Narziß« von Salvador Dalí

Das Sein verändert das Bewußtsein: Im Schwebetank trägt warmes Salzwasser den entspannten Körper

Vielleicht müssen wir unser Gehirn ab und zu „entrümpeln", um Platz für Neues zu schaffen. Der englische Nobelpreisträger Francis Crick und sein Mitarbeiter Graeme Mitchison etwa glauben, daß im Traum die „Müllabfuhr" durch das Gedächtnis fahre und unwichtige Informationen lösche. Sigmund Freud hingegen war der Ansicht, jedes Gedächtnisversagen sei die Folge einer unterbewußten Abwehr. Wird sie durch Psychoanalyse abgebaut, erinnern sich Patienten tatsächlich an Dinge, die scheinbar vergessen waren.

Ungeklärt ist auch, wie wir etwas vergessen. Vielleicht bleiben alle Informationen im Gedächtnis gespeichert, die einmal „eingegeben" wurden, und nur der Zugriff geht verloren. Studien legen nahe, daß wir uns an Dinge und Ereignisse leichter erinnern, die für uns sehr wichtig waren. Offensichtlich spielt es eine Rolle, unter welchen Umständen wir etwas *lernen*.

Verstand und Vernunft

Die Philosophie verbindet mit diesen beiden Begriffen zwei verschiedene Operationsarten des Denkens. Seit Kant gilt der Verstand, dem die lateinische „ratio" entspricht, als das Vermögen, sinnliche Erfahrung Begriffen und Kategorien zuzuordnen. Die Vernunft hingegen ist dem lateinischen „intellectus" gleich und bezieht sich nicht mehr direkt auf Sinnliches, sondern zieht Schlüsse aus den Urteilen des Verstandes.

Wissen

ist Macht – dem englischen Philosophen Francis Bacon zufolge. Doch häufig trifft auch der ergänzende Sponti-Spruch zu: „Nichts wissen macht auch nichts." Denn auf explizites Wissen kann der Mensch oft gut verzichten, ohne in existentielle Nöte zu geraten. Vielfach unterschätzen wir aber das Implizite, von dem wir kaum wissen, daß wir es wissen – etwa wie wir uns im Restaurant verhalten, worauf wir im Straßenverkehr zu achten haben, wie wir uns auf einen Stuhl setzen und wie wir einen Bekannten trotz seines neuen Bartes erkennen. Dieses implizite Wissen ordnen wir, ohne darüber nachzudenken. Explizites Wissen hingegen erfordert eine ausdrückliche Organisation. Hapert es an diesem Zugriff, dann ist das schönste „Lexikon im Kopf" wertlos.

Provoziert ein Fehlurteil: Marlene Dietrich in »Zeugin der Anklage«

Zeugenaussagen

Auf die Beweiskraft von Zeugenaussagen baut die Mehrzahl aller Urteile vor Gericht – aber auch mancher Justizirrtum. Denn selbst ehrlichgemeinte Aussagen können falsch sein: Weder Wahrnehmung noch Erinnerung sind objektiv. Ein Passant wird zwei Autos erst dann bewußt beobachten, wenn sie zusammenstoßen. Dann aber hat er nur Teile des Herganges gesehen, und sein *Verstand* reimt sich den Rest unwillkürlich zusammen. Wie in Experimenten gezeigt wurde, hat ein Mensch gewöhnlich schon nach einer Woche 90 Prozent seiner Beobachtungen vergessen. Psychologen von der Universität Bremen haben zudem nachgewiesen, daß oft auch völlig Unbeteiligte bei Gegenüberstellungen einen Beschuldigten „identifizieren" können – sie achten auf dessen Körpersprache. Aus diesen Gründen müßten „Aussage- und Vernehmungspsychologen" allen Zeugenberichten über den genauen Verlauf eines Geschehens, allen exakten Zeit- und Mengenangaben, Entfernungen und Geschwindigkeiten mißtrauen. Menschen tun sich schwer, die Welt anders als subjektiv zu sehen.

Auflösung zu den Intelligenztest-Aufgaben von Seite 64–74

1–6 Matrizen ergänzen
1 D 2 F 3 D 4 B
5 C (Die Zahl der Spitzen des dritten Symbols jeder Zeile ergibt sich durch einfache Addition der Spitzen in den ersten beiden Symbolen: „äußere" gelten als positiv, „innere" als negativ.)
6 A (Stellen Sie sich zwei durchsichtige Folien mit dem gleichen Muster vor, die im ersten Bild deckungsgleich liegen. Im zweiten Bild ist die obere Folie um 180 Grad im Uhrzeigersinn verdreht worden, im dritten Bild um weitere 90 Grad.)

7 Buchstabenfolgen
1 d 2 a 3 j 4 g 5 q 6 o 7 e

8 Ziffernfolgen
A 243 **B** 8 **C** 411
D 34 (jede Zweiergruppe entsteht aus der vorherigen durch :3 –3)
E 8 (jede Dreiergruppe entsteht aus der vorherigen durch :2 x2 =)
F 43 (jede zweite Primzahl)
G 2 (alphabetische Reihenfolge der Zahlworte für 0 bis 9 – außerdem ist 2 die einzige Ziffer, die in der Reihe noch fehlt)

9 Bilder-Tests
Am Haus: Schornstein; auf der Bowling-Bahn: Kugel in der rechten Hand des Mannes, nicht auf der Bahn; auf dem Tennisplatz: Netz; bei der Spielkarte: Karo und Schwertgriff links

10 Sprachliche Analogien
A 3 **B** 4 **C** 4 **D** 5
E 2 (beide auf Zwei-Mark-Münzen)

11 Welches Wort paßt nicht in die Reihe?
A Sokrates (Philosoph unter Komponisten)
B Hermes (kein römischer Gott, kein Planet)
C Stresemann (Politiker unter Schriftstellern)
D Shakespeare (Schriftsteller unter Malern)
E Nelson (Admiral unter Generalen)

12 Welches Wort paßt nicht in die Reihe?
A Gesang (alle anderen enden auf zwei Buchstaben, die im Alphabet aufeinanderfolgen)
B Strick (hat als einziges Wort nur einen Vokal)
C Uniform (nur in diesem Wort sind erster und letzter Vokal nicht identisch)

13 Räumliches Denken
1A 2C 3D 4E 5B

14 Dreidimensionales Vorstellungsvermögen
A 1 **B** 4 **C** 1 **D** 3

15 Satzergänzungen
A „Bildröhre", nicht „Abstellknopf"
B „Baugrund", nicht „ästhetischem Empfinden"

16 Kopfnüsse
A HUND. Diesem Wort kann wie den oberen das Wort „See" vorangestellt werden.
B 594. Die Zahlen hinter HOLSTEIN bilden einen Code, dessen Ziffern außerdem bei jeder Anwendung um 1 erhöht werden, bei SEE müssen Sie also 3 zu den Code-Zahlen addieren.
C 216: Die Zahlen außerhalb der Dreiecke sind „fast" Quadratzahlen; $848 = 29^2 + 7$, $967 = 31^2 + 6$, $489 = 22^2 + 5$. Diese „Reste" 7, 6 und 5 miteinander multipliziert ergeben die innere Zahl. Genauso ist $680 = 26^2 + 4$, $738 = 27^2 + 9$, $582 = 24^2 + 6$. 4 mal 9 mal 6 ist 216.

17 Text-Aufgaben
A Weil die Lösung der Aufgabe viel Hin- und Herschütten verlangt, sind die einzelnen Schritte für zwei Lösungsvarianten in Tabellen zusammengefaßt.

Schritt	Umfüllen von	nach	Inhalt von A	B	C
0			8	0	0
1	A	B	3	5	0
2	B	C	3	2	3
3	C	A	6	2	0
4	B	C	6	0	2
5	A	B	1	5	2
6	B	C	1	4	3

(Wenn Sie wollen, können Sie selbstverständlich noch einen siebten Schritt hinzufügen, damit in A und B jeweils vier Liter sind. Aber in der Aufgabenstellung war danach nicht gefragt.)
oder

Schritt	Umfüllen von	nach	Inhalt von A	B	C
0			8	0	0
1	A	C	5	0	3
2	C	B	5	3	0
3	A	C	2	3	3
4	C	B	2	5	1
5	B	A	7	0	1
6	C	B	7	1	0
7	A	C	4	1	3
8	C	B	4	4	0

B Lassen Sie sich von den Detailinformationen nicht verwirren. Wenn Sie drei Socken aus der Schublade ziehen, sind mindestens zwei gleiche dabei.
C Eine Umformulierung des Problems vereinfacht die Lösung betrachtlich. Stellen Sie sich einfach vor, zwei Mönche machten sich am selben Tag gleichzeitig auf den Weg, der eine vom Tal, der andere vom Kloster auf der Bergspitze. Ganz egal wie schnell oder langsam sie gehen, irgendwann werden sie sich irgendwo auf dem Weg begegnen.

18 Lochbilder
A 4 **B** 2 **C** 1 **D** 1 **E** 4

19 Zahlenfelder
A Zeile 3: 12 statt 11; Zeile 4: 15 statt 16
B Zeile 4: ungerade Zahl statt 18, letzte Spalte: gerade Zahl statt 19

20 Magische Quadrate
A Es gibt mindestens 13 Millionen Lösungen für dieses klassische magische Quadrat, das fortlaufende Zahlen enthält. Die Summe in allen Zeilen, Spalten und Diagonalen beträgt jeweils 65. Zum Beispiel:

1	8	15	17	24
12	19	21	3	10
23	5	7	14	16
9	11	18	25	2
20	22	4	6	13

oder

17	24	1	8	15
23	5	7	14	16
4	6	13	20	22
10	12	19	21	3
11	18	25	2	9

B Diese Aufgabe können Sie natürlich durch stures Ausprobieren lösen, die Summe der Zeilen, Spalten und Diagonalen beträgt jeweils 121. Es gibt aber noch einen „Umweg", der schneller ans Ziel führt: Sie können die gegebenen 25 Zahlen so umformen, daß Sie alle ungeraden Zahlen von 1 bis 49 erhalten (4, 8, 10, 30 und 38 jeweils um eins vermindern; 18, 26, 28, 34 und 44 um fünf erhöhen). Damit füllen Sie das magische Quadrat analog Ihrer Lösung für Aufgabente IA: 49 statt 25, 47 statt 24, 45 statt 23 und so weiter bis zur 1. Und am Schluß machen Sie die obige Umformung rückgängig. Dann bekommen Sie:

28	47	1	15	30
45	10	13	27	26
8	11	25	34	43
19	18	38	41	5
21	35	44	4	17

21 Grafische Analogien
A 1 **B** 3 **C** 1 **D** 2

22 Logik-Aufgaben
A Der Verbrecher und der Zeuge
Dieses Rätsel stammt von Lewis Carroll, dem Autor von „Alice im Wunderland". Wenn Sie die Aussagen vom Ende der Aufgabe zum Anfang analysieren, bekommen sie schnell heraus, daß sich der Zeuge nicht irrte.
B Schwarzer Hut, weißer Hut
Jeder der drei Schüler sieht zwei weiße Hüte. Nennen wir den ersten Schüler A. Er überlegt sich folgendes: „Wäre mein Hut schwarz, dann könnten die beiden anderen jeweils einen weißen und einen schwarzen Hut sehen. B müßte sich dann überlegen, daß sein Hut weiß ist. Denn wäre er schwarz, dann sähe C wiederum zwei schwarze Hüte, und könnte sofort ‚weiß' rufen, weil es ja nur zwei schwarze Hüte gibt. Da C nichts sagt, müßte B schließen, daß sein Hut weiß ist. Aber auch B schweigt, also kann mein Hut nicht schwarz sein." Da die Berechnung beliebig ist, können alle drei die gleiche Schlußfolgerung ziehen.
C Landung auf dem Mars
Die Astronauten fragen: „Wohnen Sie in dieser Stadt?" Befinden sie sich in Mars-Polis, wird der Marsmensch „Ja" sagen, egal wo er herkommt. Sind sie in Mars-City gelandet, wird die Antwort „Nein" lauten.

23 Rechnen mit Symbolen
A 1 **B** 5 **C** 3 **D** 7

LITERATUR

ALLGEMEINE ÜBERSICHTEN

Merlin Donald: „Origins of the modern mind"; Harvard University Press, Cambridge MA/London 1991. **Howard Gardner:** „Dem Denken auf der Spur"; Klett-Cotta, Stuttgart 1992. **Richard L. Gregory (Hrsg.):** „The Oxford companion to the mind"; Oxford University Press, Oxford/New York 1987. **Dieter Münch (Hrsg.):** „Kognitionswissenschaft: Grundlagen, Probleme, Perspektiven"; Suhrkamp, Frankfurt 1992. **Spektrum der Wissenschaft:** „Gehirn und Kognition"; Heidelberg 1990. **Francisco J. Varela:** „Kognitionswissenschaft – Kognitionstechnik: Eine Skizze aktueller Perspektiven"; Suhrkamp, Frankfurt 1990.

BEGABUNG, ENTWICKLUNG

Bundesminister für Bildung und Wissenschaft (Hrsg.): „Begabte Kinder finden und fördern: Ein Ratgeber für Eltern und Lehrer"; Bonn 1991. **Judy W. Eby (Hrsg.):** „A thoughtful overview of gifted education"; Longman, White Plains, N.Y. 1990. **Hans Mogel:** „Psychologie des Kinderspiels"; Springer, Berlin/Heidelberg 1991. **Spektrum der Wissenschaft:** „Spielintelligenz: Spielend lernen – Spielen lernen?"; Heidelberg 1992. **Michael Waldmann, Franz E. Weinert:** „Intelligenz und Denken: Perspektiven der Hochbegabungsforschung"; Hogrefe, Göttingen 1990.

BEWUSSTSEIN, PHILOSOPHIE

Daniel C. Dennett: „Consciousness explained"; Little, Brown and Company, Boston 1991. **Douglas R. Hofstadter, Daniel C. Dennett:** „Einsicht ins Ich"; dtv, München/Klett-Cotta, Stuttgart 1992.

COMPUTER, KI

Michael Haller (Hrsg.): „Weizenbaum contra Haefner: Sind Computer die besseren Menschen?"; pendo, Zürich 1990. **Hans Jonas:** „Das Prinzip Verantwortung"; Suhrkamp, Frankfurt 1984. **Marvin Minsky:** „Mentopolis"; Klett-Cotta, Stuttgart 1990. **Hans Moravec:** „Mind children"; Hoffmann und Campe, Hamburg 1990.

GEDÄCHTNIS, VERLETZUNGEN

Andrew W. Ellis, Andrew W. Young: „Einführung in die kognitive Neuropsychologie"; Hans Huber, Göttingen 1991. **Stephen M. Kosslyn, Olivier Koenig:** „Wet mind: The new cognitive neuroscience"; The Free Press/Macmillan, New York 1992. **Constance M. Pechura, Joseph B. Martin (Hrsg.):** „Mapping the brain and its functions"; National Academy Press, Washington, D.C. 1991. **Klaus Poeck (Hrsg.):** „Klinische Neuropsychologie"; Thieme, Stuttgart 1982. **Oliver Sacks:** „Der Mann, der seine Frau mit einem Hut verwechselte"; Rowohlt, Reinbek 1987.

INTELLIGENZ, IQ, SOZIALE INTELLIGENZ

Raymond Fancher: „The intelligence men: Makers of the IQ controversy"; W. W. Norton & Company, New York 1985. **Howard Gardner:** „Abschied vom IQ: Die Rahmentheorie der vielfachen Intelligenzen"; Klett-Cotta, Stuttgart 1991. **Stephen Jay Gould:** „Der falsch vermessene Mensch"; Suhrkamp, Frankfurt 1988. **Robert J. Sternberg:** „Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence"; Cambridge University Press 1990.

KONNEKTIONISMUS

Philip T. Quinlan: „Connectionism and psychology"; The University of Chicago Press 1991. **Helge Ritter, Thomas Martinetz, Klaus Schulten:** „Neuronale Netze"; Addison-Wesley, Bonn 1990.

KREATIVITÄT

Wilhelm Lange-Eichbaum, Wolfram Kurth: „Genie, Irrsinn und Ruhm"; Ernst Reinhardt, München 1992. **Robert J. Sternberg:** „The Nature of creativity"; Cambridge University Press 1988. **Thomas G. West:** „In the mind's eye: visual thinkers, gifted people with learning difficulties, computer images, and the ironies of creativity"; Prometheus Books, New York 1991.

TIERE

Richard D. Alexander: „The Biology of Moral Systems"; Aldine de Gryter, Hawthorne, N.Y. 1987. **Richard W. Byrne, Andrew Whiten (Hrsg.):** „Machiavellian intelligence: social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes, and humans"; Clarendon Press, Oxford 1988. **Donald R. Griffin:** „Wie Tiere denken"; BLV Verlagsgesellschaft, München 1985. **Sue Taylor Parker, Kathleen Rita Gibson (Hrsg.):** „Language and intelligence in monkeys and apes"; Cambridge University Press 1990. **Volker Sommer:** „Die Affen: unsere wilde Verwandtschaft"; GEO im Verlag Gruner + Jahr, Hamburg 1989. „Lob der Lüge: Täuschung und Selbstbetrug bei Tier und Mensch"; C. H. Beck, München 1992.

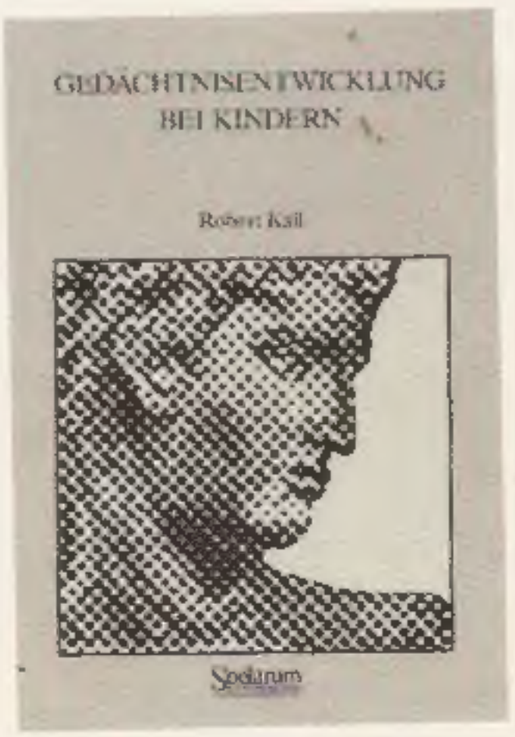
Intelligenz in Büchern

Kenneth J. Klivington
Gehirn und Geist
240 Seiten, 260 Abb., ca. DM 78,–
ISBN 3-86025-038-8

Das Buch vermittelt einen allgemeinverständlichen Überblick über den Stand der Hirnforschung und behandelt so unterschiedliche Aspekte von Bewußtsein und Intelligenz bis hin zur Künstlichen Intelligenz.

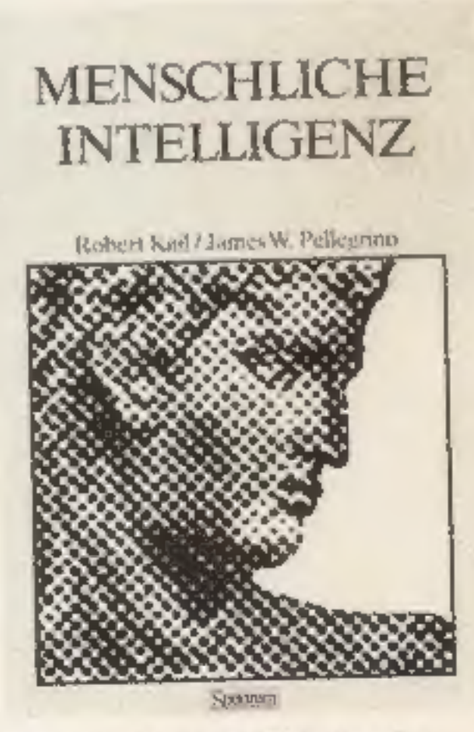
Robert W. Weisberg
Kreativität und Begabung
208 Seiten, DM 38,–
ISBN 3-89330-698-6

Mozart, Einstein und Picasso werden häufig als Genies charakterisiert, ohne daß exakt anzugeben wäre, inwieweit damit etwas über die jeweilige Persönlichkeit oder spezifische kreative Denkfähigkeiten ausgedrückt werden soll. Die Frage, was kreatives Denken ausmacht, ist Thema des Buches von R. W. Weisberg.



Robert Kail
Gedächtnisentwicklung bei Kindern
160 Seiten, 20 Abb., 3 Tab. DM 48,–
ISBN 3-86025-043-4

Die Gedächtnisentwicklung ist ein zentraler Aspekt der Intelligenzentwicklung – sie wird in diesem Band einführend vorgestellt.



Robert Kail, James W. Pellegrino
Menschliche Intelligenz
192 Seiten, DM 38,–
ISBN 3-89330-702-8

Die Autoren tragen in diesem Einführungslehrbuch die verschiedenen psychologischen Ansätze zur Definition des Begriffs Intelligenz zusammen.

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG
Mönchhofstraße 15 · 6900 Heidelberg

DAS NÄCHSTE GEO-Wissen erscheint am 8. März 1993

PILLEN·KRÄUTER·MOLEKÜLE

Medikamente für die Zukunft

Moderne Medikamente retten Millionen Menschen vor dem Tod und ermöglichen Millionen ein erträgliches Leben. Bei chronischen Leiden und Krebs jedoch versagen sie oft. Jetzt aber hoffen Mediziner und Pharmaforscher, diese therapeutische Ohnmacht bald zu überwinden: Erstmals können Wissenschaftler Krankheiten auf molekularer Ebene studieren und Wirkstoffe maßschneidern, die gezielt und deshalb mit minimalen Nebenwirkungen helfen. Das vielfache Versagen der chemischen Arzneitherapie hat der Naturheilkunde zugleich eine glanzvolle Renaissance beschert. Der Graben zwischen Schulmedizin und unkonventionellen Methoden wird zusehends flacher. Längst verteufeln Ärzte Pflanzenheilmittel oder Homöopathie nicht mehr pauschal. Mittlerweile laufen seriöse Untersuchungen darüber, ob und wie solche Verfahren wirken. Dabei bestätigt sich eine Weisheit traditioneller Heilkunst: Für die Genesung des Patienten ebenso wichtig wie die Arznei ist dessen Psyche – also auch die Zuwendung des Arztes

Gewogen und für wertvoll befunden: Aus Furcht vor Nebenwirkungen chemisch-synthetischer Medikamente greifen Bundesbürger vermehrt zu pflanzlichen Präparaten. Laut einer Umfrage haben rund 70 Prozent der Deutschen solche Mittel schon einmal angewendet

Fotovermerke nach Seiten. Anordnung im Layout: l. = links, r. = rechts, o. = oben, m. = Mitte, u. = unten

Titelfoto: Holger Scheibe

Seite 4: Raphaël Gaillarde/Gamma: o.; Lynn Johnson/Black Star: m. o.; Susanne Feyll: m. u.; Wilfried Krüger/ Deutsches Museum, München: u.

Seite 5: Sue Savage-Rumbaugh: o.; Siegrid Löwel: m. o.; Peter Menzel: m. u.; Eiji Miyazawa/Black Star: u.

VOM SEIN ZUM BEWUSST SEIN
Holger Scheibe: 6/7; Tobias Bonhoefter/Manfred Caeser: 8/9; James Nachtwey/Magnum/Focus: 10/11; Peter Menzel: 12/13; Seite 14: Hans-Jürgen Burkard/Bilderberg: l. o.; Gerd Ludwig/Visum: r. o.; Jim Tuten/ Black Star/Fotoarchiv: l. m.; Rainer Drexel/Bilderberg: m. m.; Roger Ressmeyer/Starlight: r. m.; Henning Christoph/Fotoarchiv: u.; Seite 15: Ronnie Kaufman/The Stock Market: l. o.; Nathan Benn/Black Star/Fotoarchiv: m. o.; Henning Christoph/Fotoarchiv: r. o.; Susanne Feyll: m.; Timm Rautert/Visum: u.; Dieter Ludwig/ Sipa Press: 16/17; Lois Greenfield: 18/19; Patrick Ward/Network/Focus: 20/21

DIE SCHATTEN DER ERKENNTNIS
Lynn Johnson/Black Star: 28, 31, 33, 35, 37, 39 ; Rainer Schubert/Institut für Mathematik und Datenverarbeitung in der Medizin, Universität Hamburg: 29; Courtesy of Dr. Hanna Damasio, Department of Neurology, University of Iowa College of Medicine Photograph by Paul C. Reimann, University of Iowa: 30, 32, 34, 36, 38

BITTE LESEN SIE DIESE ÜBERSCHRIFT NICHT!
Michael Lange/Visum: 40; Watson Manning/Blocpix: 42/43

WISSEN IST EIN KINDERSPIEL
Susanne Feyll: 44–51

DIE LEHRE VOM DOPPELTEN LOTTCHEN
Howard Sochurek: 52/53; Michael Nichols/Magnum/Focus: 53; Ronald Pledge/Focus: 54; Scott McKiernan/ Black Star/Fotoarchiv: 55 o., Rob Nelson/Picture Group/Focus: u.

NICHT AUF KOSTEN VON GOETHE
Heiner Müller-Elsner: 56–63

DER FALSCH VERMESSENE VERSTAND
Peter Menzel: 75

DAS GEHEIMNIS DES GENIALEN
Wilfried Krüger/Deutsches Museum München: 84/85, 86; Gisèle Freund/ British Library/Wilfried Krüger: 87; Kenneth Garrett: 89; Wilfried Bauer: 91; Wilfried Krüger: 93–101; Archiv für Kunst und Geschichte/GEO Grafik: 103

DAS TIERISCHE RÄTSEL
Jeff Foott/Okapia: 104/105; D. Parer & E. Parer – Cook/Auscape International: 105; Tom Kane/Black Star/Fotoarchiv: 106 o.; George Steinmetz/ Onyx/Focus: 106 u., 107 l. u.; Fred Bavendam: 107 r.; Johnny Johnson/ DRK Photo: 108 o.; Hito Higuchi: 108 l. m.; Tui de Roy/Oxford Scientific Films: 108 r. m.; Raymond Mendez/ Animals/Animals/Focus: 108 l. u.; Ivan Polunin/NHPA: 108 r. u.; Mitsuaki Iwago: 109 o.; Manfred Mahn: 109 l. u.; Gary F. McCracken: 109 r. u.; Michael N. Goldman: 110/111

EIN SPRACHGEWANDTER VETTER
Michael Nichols/Magnum/Focus: 112/113

MORAL HAT NICHT DER MENSCH ALLEIN
Frans de Waal 114 o., 117 u.; Charles Le Brun /Louvre – Département des Arts Graphiques © Réunion des Musées Nationaux: 114/115 u., 116, 117 o.

WO DAS CHAOS SINNVOLL WALTET
Tobias Bonhoeffer: 120/121, 122 u.; Wolfgang Volz/Bilderberg: 122/123, 126, 127, 128 l. o.; Marcus E. Raichle/ Washington University School of Medicine: 125 o., Philippe Plailly/ Science Photo Library/Focus: 125 u.; Siegrid Löwel: 128 r. o. und u.; Silvia Volz: 129

IN DEN BINDUNGEN DES GEISTES
Thomas Ernsting/Bilderberg: 130–133

DENN SIE WISSEN NICHT, WAS SIE TUN
Tony Craddock/Science Photo Library/Focus: 135; Louis Psihoyos/Matrix/ Focus: 136; Jonathan Becker: 137, 139, 141, 143; Georg Fischer/Bilderberg: 138; Matthew Mulbry: 140; Peter Menzel: 145

. . . ALSO BIN ICH EIN PHÄNOMENALER ZUSTAND?
Photographie Giraudon/Musée du Louvre, Paris: 146; Musée des Beaux-Arts de Lyon: 147, 149

DAS SYMPATHISCHE TALENT
Mary Ellen Mark/Library: 150/151; © Bongarts: 152/153; Diana Walker/ Time Magazine: 154/155; Dilip Mehta/ Contact Press Images/Focus: 156/ 157; Gerd Ludwig: 158/159

GLOSSAR
Tom Sobolik/ Black Star: 160 l.; Marina Raith/ Eltern: 160 r.; Greg Pease/ Tony Stone Worldwide: 161; Diana Walker/ Time Magazine: 162; Andreas Sterzing: 164 o.; D. und K. Urry/Ardea: 164 m.; Steve Kagan/NYT Pictures: 164 u.; Tobias Bonhoeffer: 165 o.; Dan McCoy/ Rainbow: 165 u.; aus: Roger Cooter: Die Phrenologie in Großbritannien, in: Wunderblock, Eine Geschichte der modernen Seele/Löcker Verlag, Wien 1989: 166 o.; Art Staff: 166 u.; Peter Menzel: 167, 169 l.; Tate Gallery Publications © VG Bild-Kunst, Bonn 1992 Demart pro Arte B.V.: 168; Deutsches Institut für Filmkunde: 169 r.

VORSCHAU
Andrej Reiser/Bilderberg: 172

ZEICHNUNGEN/ILLUSTRATIONEN
Vladimir Renčin: 3; David Lesh: 23; Stefano Vitale: 25; Stephen M. Kosslyn, Olivier Koenig: Wet Mind, The New Cognitive Neuroscience/Macmillan Publishing Company, New York/ Holger Everling/GEO Grafik: 41; Drawing by Chas. Addams, © 1981 The New Yorker Magazine, Inc.: 65; Gisela Gehler-Karrasch: 76–80; R. O. Blechman: 81; Etienne Delessert: 83; Jan Delvendahl: 88, 92, 96, 98, 102, BBDO: 160; © 1992 Les Editions Albert René/Goscinny–Uderzo: 162; Holger Everling/GEO Grafik: 168

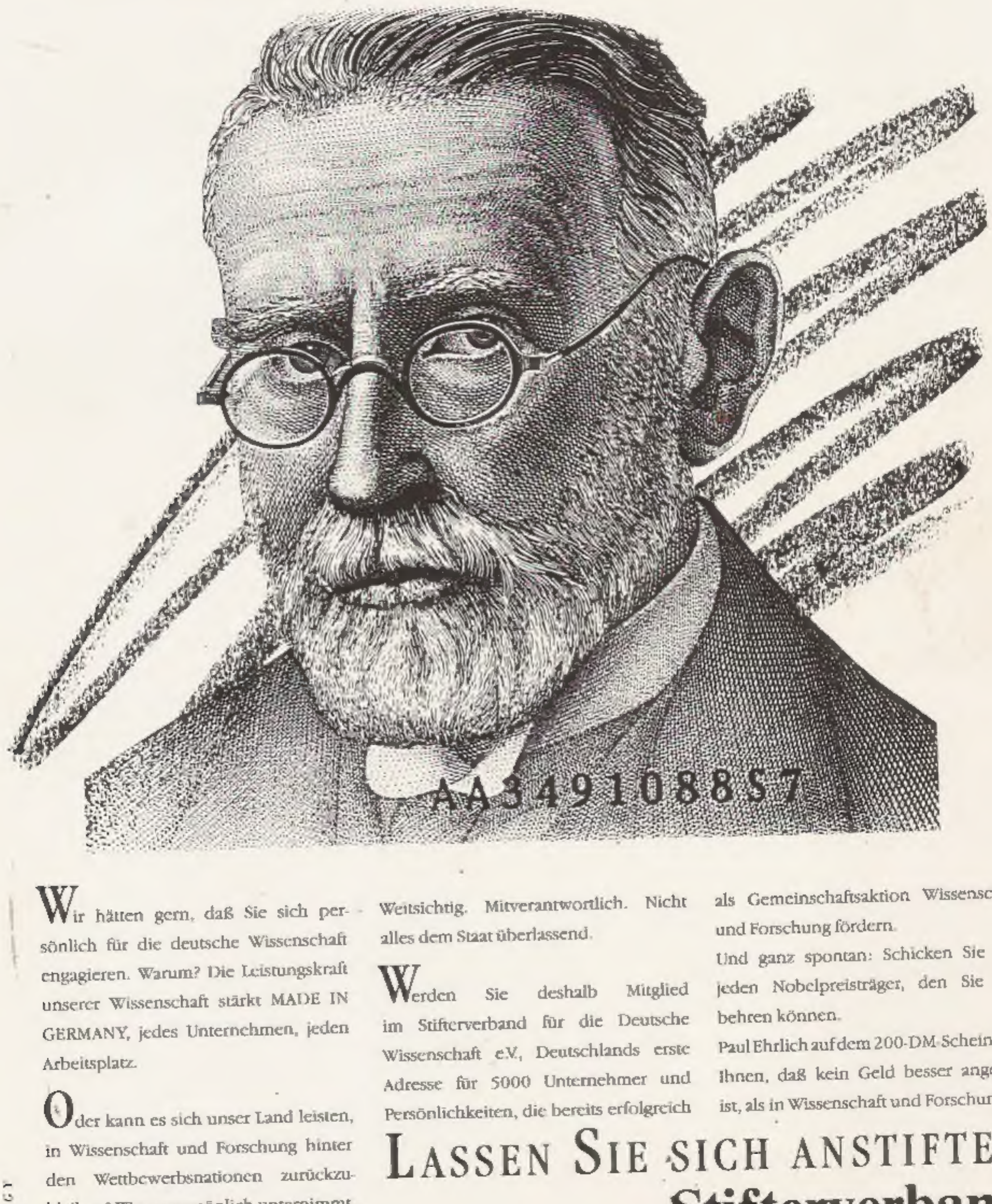
DER FALSCH VERMESSENE VERSTAND (Seite 64–74):
Robert J. Sternberg: Intelligence Applied, Understanding and Increasing your Intellectual Skills, © 1986 by Harcourt Brace Jovanovich, Inc. (Aufgaben 1/ 2/ 17/ 21A, B, C); Andreas Krell, Christopher Schrader/GEO (Aufgaben 3–6/ 7, 7/ 8A, B, C, F, G/ 10E/ 20/ 21D/ 23); Mensa International (Aufgabe 7.1–7.6); Prof. Franz Weinert, Max-Planck-Institut für Psychologische Forschung, München (Aufgabe 8 D+E); R. M. Yerkes: Psychological examining in the United Stetes army, Memoirs of the National Academy of Sciences, Vol. 15, 1921 (Aufgabe 9); Peter Lauster: Der Begabungstest/ Econ Verlag (Aufgabe 10 A-D); Hans Jürgen Eysenck: Intelligenztest/© 1962 Eysenck/Deutsche Rechte durch Paul & Peter Fritz AG, Literatur-Agentur, Zürich (Aufgaben 11/12/15); Manfred Amelang, Dieter Bartussek: Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung/ Kohlhammer Verlag (Aufgabe 13); James W. Pellegrino, Robert Kail: Process analyses of spatial aptitude, in: Robert J. Sternberg: Advances in the psychology of human intelligence/Eribaum, Hilladale 1982 (Aufgabe 14 A); Jürgen Hesse, Hans Christian Schrader: Das neue Testtrainings-Programm/Vito von Eichborn Verlag (Aufgaben 14 B-D/ 15); Werner Kirst, Ulrich Diekmeyer: Intelligenztraining/Deutsche Verlags-Anstalt (Aufgaben 18+19); Marie Barrondo: Eurekas Mathematische Spiele/Heinrich Hugendubel Verlag (Aufgabe 22). Einige Aufgaben wurden leicht verändert.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos übernehmen Verlag und Redaktion keine Haftung.

© GEO 1992, Verlag Gruner + Jahr Hamburg für sämtliche Beiträge.

Einem Teil der Auflage liegen Prospekte für Time Life, Neues Gymnasium Zürich, Gruner + Jahr AG & Co bei.

Wir hätten gern einige Nobelpreisträger von Ihnen.



Wir hätten gern, daß Sie sich persönlich für die deutsche Wissenschaft engagieren. Warum? Die Leistungskraft unserer Wissenschaft stärkt MADE IN GERMANY, jedes Unternehmen, jeden Arbeitsplatz.

Oder kann es sich unser Land leisten, in Wissenschaft und Forschung hinter den Wettbewerbsnationen zurückzubleiben? Wer es persönlich unternimmt, die deutsche Wissenschaft zu unterstützen, ist der wahre Unternehmer. Weitsichtig. Mitverantwortlich. Nicht alles dem Staat überlassend.

Werden Sie deshalb Mitglied im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V., Deutschlands erste Adresse für 5000 Unternehmer und Persönlichkeiten, die bereits erfolgreich als Gemeinschaftsaktion Wissenschaft und Forschung fördern.

Und ganz spontan: Schicken Sie uns jeden Nobelpreisträger, den Sie entbehren können.

Paul Ehrlich auf dem 200-DM-Schein sagt Ihnen, daß kein Geld besser angelegt ist, als in Wissenschaft und Forschung.

LASSEN SIE SICH ANSTIFTEN.

Stifterverband
für die Deutsche Wissenschaft

Postfach 16 44 60 · 4300 Essen 16

STRATEGY

Der Weg.

Von jetzt an soll Sie nichts mehr am Aufstieg hindern. Nicht einmal Ihr unbezähmbarer Drang zu Individualität und persönlicher Freiheit. Denn dafür hat Toshiba den PC mobil gemacht. Hat Laptops wie den neuen T4400 SXC entwickelt, die auf Wunsch jeden Platz der Welt in einen hochprofessionellen Arbeitsplatz verwandeln, der höchsten Ansprüchen gerecht wird. Mit TFT-Color-Display.

Und atemberaubenden Zugriffsgeschwindigkeiten. Wegbereiter dieser faszinierenden Leistungen ist die Chip-Technologie, in der Toshiba weltweit dominiert. Aktuellstes Beispiel dafür der erste 16 MegaBit-Chip in Großserie - gigantische Informationsmengen auf winzigstem Raum zusammengefaßt... Was Toshiba Chip-Technologie sonst noch Schönes und Wichtiges für Sie tun kann, lesen Sie demnächst hier.

Im Einklang mit morgen

TOSHIBA

Für weitere Informationen: TOSHIBA INFORMATIONSSYSTEME (DEUTSCHLAND) GMBH, Toshiba Platz 1, 4040 Neuss 1
TOSHIBA ELECTRONICS EUROPE GMBH, Hansaallee 181, 4000 Düsseldorf 11